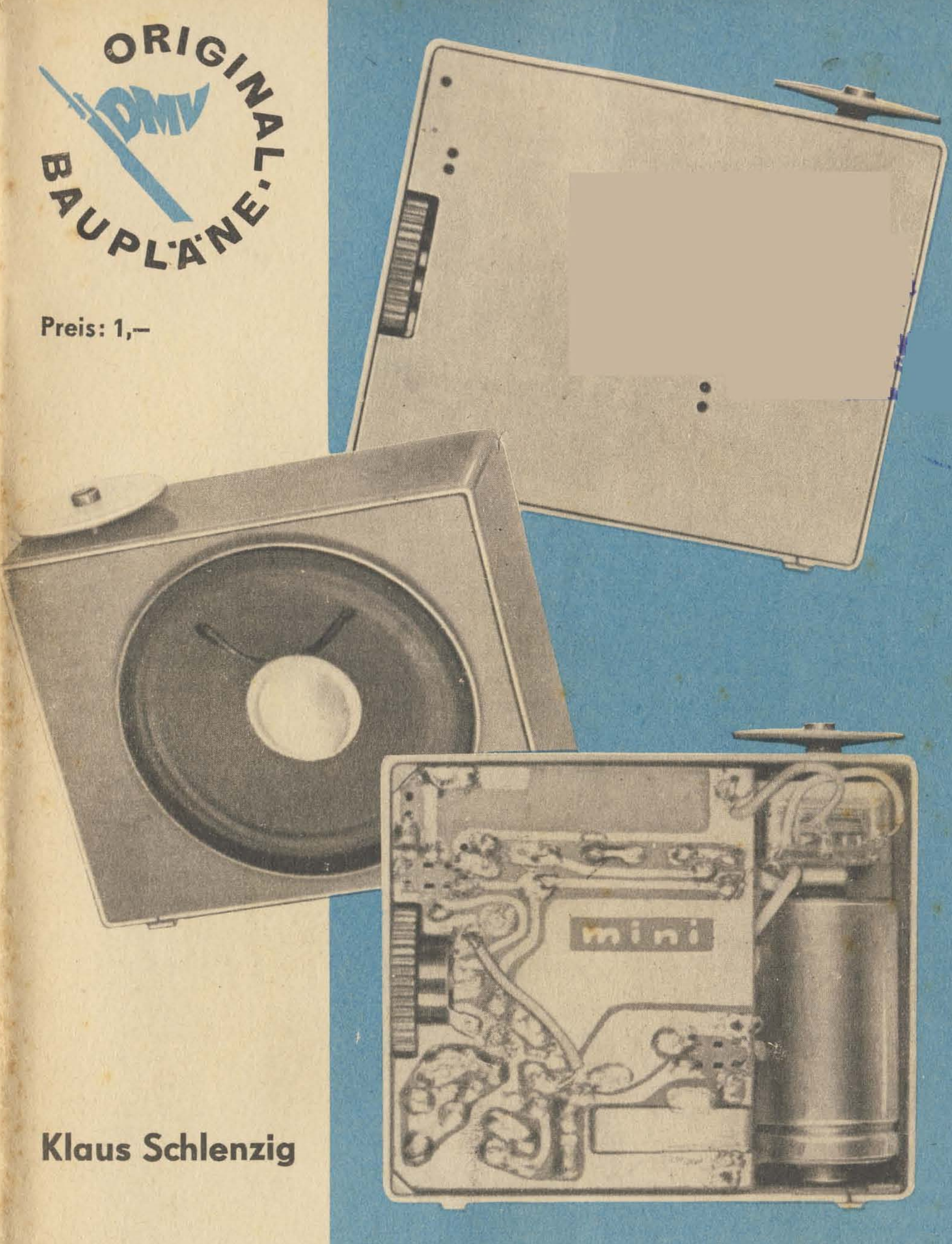


Preis: 1,–

Klaus Schlenzig

Transistorkleinstempfänger mini 1 und mini 2

Bauplan Nr. 15

Originalbauplan Nr. 15

Klaus Schlenzig

Transistorkleinstempfänger „mini 1" und „mini 2"

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Über 20 Jahre nach der Entdeckung des Transistoreffekts, der wesentlich zur breiten Anwendung der Elektronik auch im persönlichen Bereich beitrug, sind noch immer einfache Empfängerschaltungen mit Transistoren interessante Erstlingsobjekte künftiger Funk- und Elektronikamateure. Dafür sprechen gleichermaßen niedriger Aufwand und hoher Gebrauchswert (zumindest vom „Schöpfer" des Gerätchens her gesehen). Auch der gesellschaftliche Nutzen solcher Beschäftigung ist nicht gering zu bewerten. Was lernt man nicht alles an diesem einen Objekt kennen; angefangen bei den Eigenschaften elektromagnetischer Wellen und ihren Empfangsmöglichkeiten (Schwingkreis, Abstimmung, Demodulation) über die Auslegung eines NF-Verstärkers bis zum Handhaben der dazu erforderlichen Bauelemente. Darüber hinaus werden die Umsetzung des demodulierten Signals in ein hörbares und die dafür geschaffenen elektroakustischen Wandler sowie nicht zuletzt die Stromversorgung solcher Schaltungen deutlich.
Die technische Neugier, die den Leser zum Kauf dieses Bauplans anregte, wird also weitgehend befriedigt. Außerdem dürften auch die auftretenden physikalischen Effekte (positive und möglicherweise auch negative!) dazu führen, daß sich so mancher Leser wünscht, doch noch tiefer in die elektronischen „Geheimnisse" einzudringen, wirklich alles **verstehen** zu können, was er nun auf Grund der eingehenden technisch-mechanischen Unterweisung aufgebaut und zum „Tönen" gebracht hat. In solchen Fällen möge Abschnitt 8. als Leitfaden dienen.
Die Originalbauplanreihe des Deutschen Militärverlags trug diesem Interessenschwerpunkt ihrer Leser schon mit dem ersten Bauplan Rechnung, dem Einkreisempfänger „START", der 2 Auflagen

hatte. Vor die Entscheidung gestellt, neu entstandenen Bedarf auf die gleiche oder auf eine aktuellere Weise zu decken, entschlossen wir uns für die Aktualität. „START" war ein Produkt seiner Zeit, bestimmt durch die damals erhältlichen (oder noch fehlenden!) Bauelemente. Allerdings regte der damals bestehende Drehkondensatorengpaß zu einer Lösung an, die sich auch heute noch für eine Variante des „mini" als günstig erweist.
Im übrigen enthält der vorliegende Bauplan eine eigenwillige Lösung, die allerdings die Freunde großer Lautstärken nicht befriedigen wird. Ihnen steht frei, die Endstufe reichlicher zu dimensionieren und eine größere Batteriespannung zu wählen. Die speziellen Merkmale von „mini" werden anschließend erläutert.
Es empfiehlt sich für jeden Leser, vor Baubeginn den gesamten Bauplan zu lesen, da dieser an verschiedenen Stellen für den Leser wichtige Entscheidungshinweise enthält!

2. Verwendungszweck, Eigenschaften, Voraussetzungen

„mini" heißt nicht einfach so, weil dieses Wort heutzutage Mode ist. „mini" steht für klein (im Sinne des Volumens, der Herstellungskosten, der Batteriekosten – und der Ausgangsleistung). Diese letzte Eigenschaft resultiert aus den vorher genannten. „mini" zeigt (und damit wird er nicht nur für den Anfänger interessant), wie weit man mit Betriebsspannung und Stromaufnahme hinuntergehen kann, wenn man lediglich eine kleine Musik- und Informationsquelle stets zur Hand haben will, die wenig Platz beansprucht, deren Batterie man nicht laufend erneuern muß und die – oft ein sehr wichtiger Gesichtspunkt – nicht dauernd dazu verführt, uninteressierte Umgebung mit intensiver Beschallung zu belästigen.
Das Extrem der Batteriespeisung nach unten hin liegt bei einem einzigen Element. Leider soll die äußerst kleine EAbT-Zelle nach vorliegenden Informationen nicht mehr gefertigt werden, und eine NK-Knopfzelle erfordert Wartung; man soll sie außerdem nicht zu weit entladen (das schließt nicht aus, daß Bastler, die mit diesen gasdichten Kleinstakkus des VEB Grubenlampenwerke Zwickau vertraut sind, nicht doch zu dieser Variante greifen). Je nach Gerätegeometrie kommt entweder die kurze und relativ dicke Zelle einer BCT-3-Stabbatterie (3 V, also **2 Zellen** in einer Hülle, für –,39 M; Maße 19,6 ⌀ × 33 mm) oder die EAaT-Zelle (13,2 ⌀ × 46,5 mm) in Frage, die etwa gleiche Kapazität hat, aber mit –,70 M fast das Vierfache einer Einzelzelle kostet. Allerdings kommt man mit Transistorelementen der EAaT-Bauform auf längere Betriebszeiten bis zur kleinsten verwertbaren Klemmenspannung.
Wie in Kapitel 6. noch erklärt wird, sind mit dieser niedrigen Spannung kleine Verstärkungswerte verbunden, die einen größeren Transistoraufwand erfordern (bei der heute erhältlichen billigen Bastelware jedoch kein Problem) sowie eine sehr geringe Ausgangsleistung, wenn man wirtschaftlichen Betrieb wünscht. Anzustreben sind etwa 100 bis 150 Betriebsstunden (je nachdem, wie schnell die „individuelle" Schaltung infolge von Verkopplungen über dem Innenwiderstand oder aussetzender Rückkopplung im Audion versagt), was einer Stromaufnahme von etwa 3 mA entspricht. Das wiederum bedeutet bei einer mittleren Betriebsspannung von 1,35 V nur etwa 4 mW Leistungsaufnahme; davon erhält der Lautsprecher dann nicht einmal mehr 1 mW!
Eine solche Leistung erscheint äußerst niedrig, ja bedeutungslos. In Verknüpfung der Eigenschaften des menschlichen Ohres (empfundene Lautstärke ist dem Logarithmus der Ladeintensität proportional), einer geräuscharmen Umgebung und der früher definierten „Zimmerlautstärke" von 50 mW zeigt sich allerdings, daß eine Leistung von weniger als 1 mW für einen heutigen Kleinlautsprecher durchaus brauchbar sein kann. Viel wichtiger ist, daß man immer so viel Eingangssignal zur Verfügung hat, damit man die Endstufe bis zu dieser Leistung aussteuern kann!
Die Entscheidung „3 mA" wurde übrigens nicht von ungefähr gefällt, sondern ergibt sich – ausgehend von der Betriebsspannung – aus den verwendeten Bauelementen (speziell Lautsprecher und Übertrager; vgl. Kapitel 6.). Mehr Strom ist in dieser Dimensionierung sogar sinnlos! Um so reizvoller erschien es, ein extrem kleines und dennoch gut nachbaufähiges Modell zu schaffen, dessen Batterie man nach dem Einsetzen für lange Zeit „vergessen" kann.
„mini" wird damit zu einem Gerät, das überall dabeisein kann. Selbstverständlich kommt in bezug auf Aufwand und Schwierigkeitsgrad nur eine Einkreisschaltung für Mittelwelle in Frage.

Nun sind die Feldstärken unserer Mittelwellensender recht unterschiedlich verteilt, starke Ortssender in vielen Städten bedeuten andererseits größere Entfernungen für den auf dem Lande wohnenden Amateur. In manchen Orten befinden sich sogar mehrere Mittelwellensender (z. B. Raum Berlin). Auch die Tatsache, daß man das Gerät auf Reisen mitnimmt, legt eine Variante mit guten Abstimmeigenschaften nahe.
Aus diesem Grund wird das Gerät in 2 Varianten beschrieben:

Variante 1:
Extrem billiger Empfänger für den Ortssender, der, da er selten über einen größeren Bereich nachgestimmt werden muß, mit einer L-Feinabstimmung über den interessierenden Teil der Mittelwelle hinweg ausgerüstet ist;
Variante 2:
Nur um etwa 10,– M teurer, mit einem Drehkondensator für den gesamten Mittelwellenbereich.
Materialpreisrichtwert für Variante 1: bei Verwendung von Basteltransistoren weniger als 30,– M. Außerdem wird sich zeigen, daß man diese Schaltung noch für andere Zwecke verwenden kann (vgl. Kapitel 5.).

In Gegenden, wo sich über den Ferritstab nicht genügend Signalspannung erreichen läßt, schließt man eine Hilfsantenne an das Gerät an, für die oft schon 1 bis 2 m Draht genügen.
Nun zu den Voraussetzungen für den Bau. Der Aufbau wird zwar ohne Theorie gelingen (diese folgt daher am Schluß des Bauplans), doch empfiehlt sich zumindest das Aussortieren der für die einzelnen Stufen am besten geeigneten Transistoren.
An dieser Stelle ergibt sich die Frage, welche Voraussetzungen der Leser eigentlich mitbringen muß, bevor er an dieses Objekt herangeht. Zu empfehlen ist zweierlei:
1. Man sollte sich bereits im Löten geübt haben und über einige handwerkliche Fertigkeiten verfügen (also einfaches Mechanikerwerkzeug handhaben können).
2. Man sollte die wichtigsten Bauelemente unterscheiden können und wissen, wie sie zu behandeln sind, damit sie nicht zerstört werden.
Punkt 1 setzt einfach etwas Übung voraus. Punkt 2 birgt im vorliegenden Fall weit weniger „Gefahr“ als bei üblichen Geräten mit höheren Spannungen.
Verständlicherweise können wir nicht ganz „bei 0“ beginnen; daher empfiehlt sich zumindest die Lektüre einiger Hefte aus der Reihe „Der junge Funker“, z. B. „Mit Transistor und Batterie“ sowie „Elektronische Experimente“.

3. „mini 1“ – Variante mit L-Abstimmung

3.1. Besonderheiten

Schaltung – Einkreisempfänger mit Rückkopplungsaudion, A-Endstufe
Abstimmung – Ferritstab, mit Gewindespindel durch Drehen verschiebbar
Lautstärkeeinstellung – kombiniert mit Rückkopplung (Arbeitspunkteinstellung), mit Potentiometer, gekoppelt mit Einschalter
Ausgang – Lautsprecher 121K3 über Ausgangstransformator K31 oder K21 (bei K31 primär rt-rt, bei K21 rt-gn anschließen)
Ausgangsleistung – maximal etwa 0,8 mW bei 1,5-V-Batterie
Batterie – 1 Zelle BCT 3 (aus 3-V-Stabbatterie)
Stromaufnahme – etwa 3 mA
Betriebsstunden – 100 bis 150 mit 1 Zelle
Betriebsstundenpreis – 0,15 bis 0,20 M
Maße des Musters – 66 mm × 55 mm × 25 mm = 90 cm³ (Urmodell)
Weitere Anschlußmöglichkeiten: Hilfsantenne und -erde, Ohrhörer, Fangspule (im Urmuster noch nicht enthalten, vgl. Kapitel 5.)

3.2. Schaltung

Bild 1 gibt den gesamten Stromlaufplan von „mini 1“ wieder. Betrachten wir ihn in den einzelnen Stufen!
Audion
Zu ihm gehören die Bauelemente 1 bis 8 (R und C wurden der Einfachheit halber mit fortlaufenden Nummern versehen) sowie T1, außerdem der mit 3 Wicklungen versehene Ferritstab. Bei der Audionschaltung handelt es sich um die für 1,5-V-Betrieb modifizierte Variante des tausendfach bewährten Bausteins EBS 2-1, der für „normale“ Audionempfänger etwas größerer Dimensionen geschaffen wurde. Das schwache Signal des Senders, auf den der Schwingkreis (Kondensator 2 und 1. Wicklung) mit Hilfe des verschiebbaren Ferritstabs abgestimmt wurde, gelangt – wechselspannungsmäßig gesehen – auf die Basis des Transistors, der für Wechselspannung kollektorseitig über Kondensator 6 „geerdet“ ist. Der Emitter bildet den Ausgang des HF-Verstärkers T1. Die verstärkte HF-Energie wird auf den Schwingkreis zurückgeführt und entdämpft ihn. Dadurch erhöht sich die Spannung am Schwingkreis für das empfangene Signal. Damit das geschieht, müssen in der vorliegenden Schaltung Basis- und Emitterwicklung gleichen Windungssinn haben, also gleichzeitig bei „Masse“ beginnen, sonst tritt das Gegenteil von Mitkopplung ein, nämlich eine schwächende Gegenkopplung.
Höhere Spannnung am Schwingkreis bedeutet wiederum stärkeres Signal im Rückkopplungszweig, und wenn die Schaltung nicht begrenzende Eigenschaften hätte (die ins einzelne gehende Audiontheorie interessiert erst den Fortgeschrittenen), würde das immer so weitergehen. Es stellt sich jedoch ein Gleichgewicht ein, das man mit Hilfe des Potentiometers so regelt, daß sich gerade noch keine Selbsterregung der Stufe ergibt (dicht vor dem charakteristischen Rückkopplungspfeifen liegt die maximale Empfindlichkeit). Exakt gesehen, regelt das Potentiometer nicht den Rückkopplungsgrad, sondern stellt die Verstärkung des Transistors ein, die von seinem Arbeitspunkt abhängt.
Die Entdämpfung des Kreises bewirkt auch eine höhere Trennschärfe gegenüber den in der Frequenz benachbarten Stationen, man sagt: Die Selektion steigt. Der Kreis wird daher unter Umständen so „schmal“, daß die höheren Tonfrequenzen bereits merklich benachteiligt werden.
Im selben Transistor erfolgt auch die Gleichrichtung, besser gesagt, die Demodulation des empfangenen Signals (vgl. Kapitel 6.). Die dadurch gewonnene Tonfrequenzspannung steht am Kollektor des Audiontransistors (der für die NF der Ausgang der 1. Stufe ist, während der Emitter für diese Frequenzen und für Gleichspannung an „Masse“ liegt) zur Verfügung und kann weiterverarbeitet werden.
NF-Verstärker
Wie man nach tieferem Eindringen in die Materie verstehen und der Schaltung ansehen wird, ist der Ausgang des Audions relativ hochohmig. Nun gilt aber das physikalische Gesetz, daß der nächsten Stufe dann die größte Leistung zugeführt wird, wenn zwischen ihr und der vorhergehenden „Anpassung“ herrscht. Die nächste Stufe sollte daher einen entsprechend hochohmigen Eingang haben. Diese Bedingung erfüllt eine Kombination von 2 Transistoren nach Art von T2/T3. Die Gesamtstromverstärkung dieser Kombination ist etwa gleich dem Produkt der einzelnen Stromverstärkungen; die Spannungsverstärkung ergibt sich aus dem Verhältnis von Ausgangswiderstand zu Eingangswiderstand, multipliziert mit der Gesamtstromverstärkung.
Der Eingangswiderstand liegt etwa um den Faktor der Stromverstärkung der 1. Stufe höher als der der 2. Stufe, so daß man in die Größenordnung von 20 kΩ gelangt. Damit kommt man der Anpaßforderung nahe.
Nachteilig ist bei dieser Schaltung, daß sich der Reststrom des 1. Transistors mit dem Stromverstärkungsfaktor des 2. multipliziert; hinzu kommt dessen eigener Reststrom. Daher ist für den 1. Transistor (in der Schaltung T2) ein möglichst kleiner I_{CE0} zu fordern (er soll bei 25 °C noch unter 20 μA liegen, wenn β des 2. Transistors etwa 20 beträgt). Er und die Stromverstärkung des 2. Transistors (T3) bestimmen, welcher maximale Arbeitswiderstand für die Kombination noch Sinn hat, wenn der verstärkte Reststrom nicht schon T3 „zufahren“ soll, denn $(\beta_3 \cdot I_{CE02} + I_{CE3}) \cdot R$ (R „9“) ergibt den Spannungsabfall über Widerstand 9, wenn noch kein Basisstrom in T2 eingespeist wird. Dieser (unerwünschte) Spannungsabfall soll noch möglichst weit unter der Hälfte der Batteriespannung liegen. Erst mit dem für die Arbeitspunkteinstellung eingespeisten Basis-

strom in T2 muß der Kollektorstrom der Kombination in Verbindung mit Widerstand 9 etwa halbe Batteriespannung am Kollektor ergeben, gemessen gegen Emitter von T3.
Da die Spannungsverstärkung der Schaltung mit dem Kollektorwiderstand wächst, solange der Eingangswiderstand der nächsten Stufe noch nicht die Gesamtverstärkung bestimmt, begrenzen die Restströme letzten Endes die Leistungsfähigkeit des Empfängers. Aus diesem Grund leuchtet auch ein, weshalb das Gerät infolge der niedrigen Batteriespannung so eng dimensioniert ist, daß es bei Temperaturen, die wesentlich von Zimmerbedingungen abweichen, nicht mehr seine volle Funktionsfähigkeit haben kann. Das entspricht aber auch nicht seinem Verwendungszweck.
Zwischen Audionausgang und Eingang der eben beschriebenen Stufe vermißt man den gewohnten Koppelkondensator. Er wurde aus Platzgründen in der Variante weggelassen (vgl. aber Hinweis bei 4.1. und Bild 17!). Dadurch kann das Kollektorpotential des Audiontransistors nicht höher werden als die Durchlaßspannung der beiden in Serie geschalteten Basis-Emitter-Dioden von T2 und T3, also etwa 0,2 V; strombegrenzend wirkt der Vorwiderstand am Schleifer des Potentiometers. Das Audion kommt im allgemeinen mit dieser kleinen Spannung aus, individuelle Transistorunterschiede fängt man ggf. durch Verändern von Widerstand 5 ab (in der Schaltung wurde ein sehr niedriger Wert angegeben, bessere Exemplare erlauben etwas höhere Widerstände). Auch 7 kann noch um 2 bis 3 kΩ nach oben oder unten schwanken.
Nur bei tiefen Temperaturen (etwa ab + 10 °C) versagt eventuell die Rückkopplung. Empfehlung für Fortgeschrittene: Man ermittle die günstigste Stelle für den Einsatz eines Heißleiters (für Zimmerbedingungen ohne Bedeutung).
Infolge des mit dem Rückkopplungspotentiometer stark variablen Kollektorpotentials von T2 und T3 kann die nächste Stufe nicht mehr galvanisch angekoppelt werden, sondern verlangt einen Trennkondensator. Da die Batteriespannung sehr niedrigliegt, genügt der kleinste greifbare Elektrolytkondensator (1 bis 5 µF, 3 V Betriebsspannung). Später zeigte sich jedoch, daß die Batterie viel länger verwendet werden kann, wenn man – wie in Bild 1 angedeutet – nur mit einem Papierkondensator von etwa 68 bis 100 nF ankoppelt, denn dieser unterdrückt Blubbererscheinungen bei alternder Batterie. Außerdem wirkt sich günstig aus, daß der Elko-Reststrom entfällt. Die Beschneidung der Tiefen in der Wiedergabe fällt durch den kleinen Lautsprecher kaum ins Gewicht. Hinter ihm wurden gleich 3 Transistoren galvanisch gekoppelt. Die vorgestellte Schaltung erlaubt dabei eine recht einfache Einstellung praktisch aller 3 Arbeitspunkte auf einmal. Zur Erreichung einer gewissen Arbeitspunktstabilisierung bei Temperaturerhöhung (wodurch bekanntlich der Reststrom steigt) wird der Basisstrom für den Arbeitspunkt von T4 von dessen Kollektorkreis abgezweigt. Das geschieht aus mehreren Gründen nicht direkt am Kollektor. Einmal müßte der Widerstand dann sehr klein sein, weil die Kollektorspannung wieder nur gleich der Summe der beiden Basis-Emitterspannungen der folgenden Transistoren ist, zum anderen würde er den Eingangswiderstand der Stufe merklich vermindern und eine die Verstärkung verringernde Gegenkopplung bedeuten, denn diese wirkt auch für Tonfrequenzen. Daher wurde der Arbeitswiderstand von T4 aufgeteilt; an der Verbindungsstelle beider Widerstände liegt der einstellbare Widerstand für den Basisstrom, der gegenläufig auch den Kollektorstrom von T5/T6 bestimmt (mehr I_{B4} bedeutet weniger $I_{C5/6}$). Man stellt auf höchstens 3 mA Kollektorstrom ein, gemessen zwischen Übertrager und Minus. (Würde man den gesamten Gerätestrom, der weniger als 4 mA beträgt, messen, so käme es über den Instrumentwiderstand zur Selbsterregung des Verstärkers und damit zu „Blubbererscheinungen" des Stroms.)
In der Wirkung begrenzt durch die Gegenkopplung der Stufe T4 „in sich" gegen Temperatureinflüsse, enthält der Teil T4 · · · T6 noch einen gewissen Schutz gegen das Hochlaufen von T5/T6 bei Temperaturerhöhung: Da auch der Reststrom von T4 steigt, erhält T5 weniger Basisstrom.
Durch den hohen Eingangswiderstand der Stufe T5/T6 (vgl. T2/T3!) ist es möglich, mit Hilfe des Kollektorwiderstands von T4 auch bei nur 1,5 V Batteriespannung eine brauchbare Spannungsverstärkung zu erzielen. Der vertretbare Höchstwert des (geteilten) Kollektorwiderstands von T4 hängt dabei, wie bereits angedeutet, wieder hauptsächlich von I_{CEO} dieses Transistors ab.
Aus der Schaltungsdiskussion ergibt sich, daß für T2, T4 und T5 Transistoren zu wählen sind, die einen möglichst kleinen Reststrom aufweisen (möglichst weit unter 20 µA). Dabei erreicht man auch bei geringen Stromverstärkungen (selbst wenn diese nur zwischen 15 und 20 liegen) noch gute Werte für das Gesamtgerät. Solche Transistoren finden sich im billigen Bastelsortiment, oder man greift auf den „Markentyp" GC 100a zurück, den die Industrie wegen seines kleinen β

(um 20) nicht gern einsetzt und den man preiswert erhält. Erfreulich dabei ist, daß kleine Stromverstärkungen oft mit recht niedrigen Restströmen gekoppelt sind.
Es hilft also nichts: Zumindest bei der Auswahl der Transistoren muß man sich an jemand wenden, der Reststrom und Stromverstärkung zu messen in der Lage ist, da man als Anfänger diese Mittel doch noch nicht zur Verfügung hat (vgl. aber dazu Originalbauplan Nr. 4, „Prüfgeräte für Transistoren und Dioden").
Auch für T4 ist also kleiner I_{CEO} wichtig; im Mustergerät konnte mit 24 kΩ Gesamtwiderstand im Kollektorkreis gearbeitet werden. Je größer der Reststrom, um so kleiner muß dieser Widerstand sein; das läßt sich durch größeres β teilweise wieder ausgleichen. Man kann diesen Schaltungsteil dadurch optimieren, daß man unter jeweiligem Nachstellen am Basistrimmwiderstand auf etwa 3 mA Kollektorstrom der Kombination T5/T6, von je 12 kΩ ausgehend, mit parallelgeschalteten Widerständen ermittelt, wo sich größte Ausgangsamplitude bei kleinsten Verzerrungen ergibt (Hörkontrolle; objektiver ist natürlich eine Messung).
Für die Stromverstärkung von T3 und T6 reichten im Mustergerät ebenfalls Werte um 20; es dürfen auch größere sein (jedoch Reststrom des vorhergehenden Transistors beachten; s. o.!).
Auch der Audiontransistor soll bezüglich I_{CEO} nicht zu ungünstig liegen; β ist weniger kritisch.
Während für T2 bis T6 jeder beliebige NF- oder HF-Legierungstyp (Reihe GC 100 · · · GC 121, GF 100 · · · GF 105) bzw. entsprechende Basteltypen (möglichst noch die ältere, nur 5 mm lange Bauform!) in Frage kommen, soll das Audion im Interesse günstiger HF-Eigenschaften auch bei niedriger Betriebsspannung ein GF 100 oder GF 105 (oder entspr. Basteltyp) sein. Kriterium ist, daß der Selbsterregungspunkt (Rückkopplungspfeifen bei Sendereinfall) erreicht wird und daß dieser Punkt sich nicht „ziehen" läßt oder zu „hart" einsetzt.
Ein Wort noch zur Endstufe. Bei Verwendung des Kleinstübertragers K31 in der angegebenen Anschlußfolge und des Kleinstlautsprechers 121k3 ist ein höherer als der angegebene Kollektorstrom sinnlos, denn dadurch kommt nicht mehr Sprechleistung heraus! Warum das so ist, kann in Kapitel 6. nachgelesen werden. Übrigens: Manche K31 haben die Anschlußfolge rt-gn-ge, andere rt-gn-rt (wie K21); gn ist die Mittelzapfung. Sie bleibt bei K31 frei, bei K21 ist sie statt ge (bzw. statt des zweiten rt) des K31 anzuschließen. Vom K21 wird primär nur die halbe Wicklung benutzt (da anderes Übersetzungsverhältnis als bei K31).
Zusammenfassend sei gesagt: Nachbautests haben bewiesen, daß bei Befolgung der gezeigten Schaltung zunächst auf jeden Fall (wenn das Audion funktioniert), ggf. zunächst mit Hilfsantenne, der nächste Mittelwellensender zu empfangen ist, wenn man auf ihn abstimmt. Daß man dabei auch ohne Instrument etwa den richtigen Arbeitspunkt für T4 · · · T6 findet, kann man an der Wiedergabequalität feststellen: Der wirksame Teil des Stellwiderstands soll gerade so groß gewählt werden, daß man noch keine größeren Verzerrungen hört und daß die Lautstärke noch nicht wieder merklich kleiner wird. Dabei empfiehlt es sich, die Rückkopplung nicht zu weit anzuziehen.
Noch ein letzter Tip: Wem das Audion zunächst zu schwierig erscheint, der beginnt die Schaltung vorerst bei T2 (einschließlich Potentiometer) und benutzt als Empfänger einen Germaniumdiodendetektor (Bild 2).
Übrigens: Keine Angst vor versehentlich falscher Einstellung von T4 · · · T6; der ohmsche Widerstand des Übertragers sorgt dafür, daß kein Transistor „sterben" kann. Dazu müßte man schon den Minuspol der Batterie direkt an den Basisanschluß legen!
Beginnen wir also mit dem Bau von „mini 1".

3.3. Leiterplatte

3.3.1. Versuchsschaltung

Dem Anfänger sei zunächst ein Experimentieraufbau empfohlen, der es gestattet, eigene Erfahrungen an einem übersichtlichen Gebilde zu sammeln. Dort lassen sich z. B. Widerstände leichter auswechseln, und bei der Suche nach dem günstigsten Audiontransistor kann man umschichtig alle Exemplare einmal in die 1. Stufe löten. Im späteren gedrängten Aufbau sollte dann möglichst alles stimmen.

Bild 3 zeigt eine geeignete Lösung, wenn man es nicht mit Lötösenleisten versuchen will. Es handelt sich um eine Streifenleiterplatte, die, in Abweichung von üblicher Leiterplattentechnik, ohne Bohrungen verwendet wird. Man lötet die Teile einfach auf die mit Kolophonium-Spiritus-Lösung bestrichenen Leiterstreifen (die man am besten gleich noch voll verzinnt). Diese Streifen wurden vorher in schaltungsgerechte, voneinander isolierte Partien unterteilt. Einen dafür brauchbaren Bestückungsplan zeigt Bild 4. Die Streifenleiterplatte läßt sich durch Ritzen mit scharfem Messer längs eines Lineals herstellen; 2 jeweils in etwa 0,5 bis 1 mm Abstand parallel geführte Schnitte durch die dünne Kupferfolie der Halbzeugplatte hindurch genügen, dann schält man diese Streifen mit der Messerspitze ab (Bild 5). Die stehenbleibenden Kupferfoliestreifen sollen etwa 2 mm breit sein. Man kann diese Versuchsschaltung übrigens anschließend mit neuer Transistorbestückung gleich als „Einschub" eines größeren Standgeräts benutzen, wie es in Kapitel 5. vorgeschlagen wird. Die Arbeit lohnt sich also in zweierlei Hinsicht.

3.3.2. Geräteleiterplatte

Für diese Platte kommt nur Ätzen in Frage, wie sich aus Bild 6 erkennen läßt. Einzelstücke erlauben kleinen Aufwand, d. h., die ätzfeste Deckschicht wird mit einer Röhrchen- oder Redisfeder gezeichnet. Heute wächst der Anfänger außer mit dem Transistor praktisch auch bereits mit der Leiterplatte in die Elektronik hinein. Angesichts vorhandener Parallelliteratur („Wege zum Gerät" in der Reihe „Der junge Funker" und „Amateurtechnologie" für den Fortgeschrittenen in der „Amateurbibliothek" des Deutschen Militärverlags) und aus Platzgründen soll es genügen, eine bauplangemäße Kurzfassung dieses Vorhabens „Herstellung einer einzelnen Leiterplatte" zu geben.
Erforderliche Materialien:
kupferkaschierter Schichtpreßstoff, im Format der Leiterplatte zugeschnitten (zunächst nur Rechteck; Aussparungen erst nach dem Ätzen sägen);
ätzfester Decklack, mit dem entsprechenden Lösungsmittel so verdünnt, daß er sich in der Röhrchenfeder verarbeiten läßt, z. B. Nagellack, Nitrolack, mit Kopierstiftmine angefärbte Kolophonium-Spiritus-Lösung oder der Lack des käuflichen Zeichen- und Ätzsatzes (vgl. Kapitel 7.);
Ätzsubstanz, am saubersten Ammoniumpersulfat aus der Drogerie oder aus dem genannten Ätzsatz (etwa 1 Eßlöffel auf 250 cm^3 Wasser, möglichst bis etwa 40 °C erwärmen, Ätzzeit im ruhenden Bad bis etwa 2 Stunden).
Das zugeschnittene Halbzeugstück wird mit Klebestreifen von hinten, Kupferseite auf Papier, auf der Stelle des Bauplans befestigt, auf der sich die Leiterzeichnung befindet (s. Bild 6). Man sticht nun alle späteren Bohrungen durch und körnt sie anschließend vorsichtig an. Gebohrt wird entweder jetzt oder erst nach dem Ätzen. Die Leitungsführung zeichnet man am besten zunächst mit Bleistift vor und füllt danach mit der Feder aus (Zeichenbreite nicht über 1 mm, sonst gelingt es nicht, die oft schmalen Leiterpartien voneinander isoliert zu halten – notfalls nach Antrocknen mit dem Messer vorsichtig kratzen).
Nach Vergleich mit Bild 6 kann geätzt werden. Danach scheuert oder löst man die Deckschicht ab (bei Kolophonium kann sie, da lötfähig, bleiben) und überzieht mit Kolophonium-Spiritus-Lösung. Falls nicht schon vor dem Zeichnen gebohrt wurde, geschieht das jetzt. Anschließend sägt man die endgültige Plattenkontur mit der Laubsäge und glättet mit einer Feile.
Mit Potentiometer (Einstellwiderstand, für den absichtlich ein robustes 0,1-W-Exemplar benutzt wurde) und Ausgangsübertrager beginnend, werden nun die Teile montiert. Bild 7 zeigt, wie dabei mit dem Potentiometer zu verfahren ist. Bild 8 vermittelt eine weitere wichtige Einzelheit bezüglich der anderen Bauelemente. Nach Möglichkeit verwende man 1/8-W-Widerstände mit axialen Anschlüssen, da diese in senkrechter Montage am günstigsten anzuordnen sind. Der Übertrager wird an 2 Stellen mit der ihn umgebenden Foliefläche verlötet, er kann jedoch auch ohne Leiterplattenausschnitt mit seinen Lappen in 2 der 2-mm-Löcher befestigt werden, wenn man die Bauform mit außen liegendem Lautsprecherkorb (s. u.) benutzt.
Es ist unbedingt zu vermeiden, daß sich Teile oder Drähte mit blanken Metallflächen berühren, die verschiedene Potentiale führen. Man arbeite ggf. mit Klebestreifen als Zwischenisolation.
Zuletzt werden die Transistoren eingebaut, deren Anschlüsse mit dünnem Isolierschlauch zu überziehen sind. Bild 9 dient in Verbindung mit Bild 6 als Bestückungshilfe.

3.4. Abstimmung

Seinem Einsatzzweck gemäß dient „mini 1" vorwiegend dem Empfang des nächsten Ortssenders, muß also nur selten über einen größeren Bereich abgestimmt werden. Die geringe Größe des Geräts gestattet nur einen sehr kleinen Ferritstab, so daß es darauf ankommt, den Sender wirklich genau einzustellen, damit sich ausreichende Lautstärke ergibt. Aus beiden Gründen bot sich das Einsparen eines relativ teuren Drehkondensators an; statt dessen wurde Einstellung mit M3-Gewindespindel vorgesehen. Der Ferritstab läßt sich mit dieser kontinuierlich und mit sehr kleinem Vorschub in der Spule verschieben. Das gestattete ein Zusammendrängen des Abstimmungsbereichs auf einen recht kleinen Gesamthub, wie er im Fall einer Seilabstimmung (vgl. Bauplan Nr. 1 „START") völlig undiskutabel war. Es kommt darauf an, im abzustimmenden Bereich den Ferritstab (der ja die Senderenergie in den Kreis bringt) stets innerhalb des Spulenteils zu halten, der Basis- und Emitterwicklung trägt. Anderenfalls gelingt es nicht mehr, den Kreis ausreichend zu entdämpfen. Um in diesem kleinen Bereich (ein größerer Hub hätte ein größeres Gehäuse erfordert) wenigstens den größten interessierenden Teil der Mittelwelle zu erfassen, erhielt die Spule auf der anderen Seite noch ein kleines Ferritstabstück (Maße und Spulendaten s. Bild 10), so daß sich zusammen mit dem verschiebbaren größeren Stabteil eine Art „Luftspaltabstimmung" ergibt. Man stellt das „feste" Stabstück bei Rechtsanschlag des verschiebbaren Stabes (d. h. ganz außen) so ein, daß der frequenzmäßig am höchsten liegende Sender des örtlichen Angebots innerhalb dieses Bereichs liegt (der Stab soll bei Rechtsanschlag noch etwa 6 mm in der Spule stecken). Größere Varianten gestatten Bereichserweiterung durch Zu- oder Abschalten von weiteren Kondensatoren zu C1. In der Größenordnung von 3 nF erreicht man z. B. Langwellenempfang des Deutschlandsenders – in sonst schlecht versorgten Gebieten kann man von vornherein auf diesen orientieren, allerdings geht man dann besser auf höhere Windungszahl bei kleinerem C1 über, was die Empfangsverhältnisse verbessert. Für den Kreiskondensator ist ein 63-V-Kunstfolietyp gut geeignet (z. B. 3 nF aus $2 \times 1{,}5$ nF kombinieren). Bei der Kreiswicklung (w_1) kommt es beim Nachbau auf w und Wicklungslänge an; der Draht darf auch dünner sein, als angegeben, wenn die Gesamtlänge der Wicklung nicht verringert wird (sonst wächst L). Die Spindel besteht aus einem etwa 30 mm langen M3-Gewindebolzen mit durchgehendem Gewinde (bzw. einer entsprechenden Schraube).
Das Stabende wird nach Bild 11 in einem auf 8 mm aufgebohrten Stück kupferkaschierten Hartpapiers gelagert, dessen Foliepartie mindestens einmal radial zu unterbrechen ist (sonst dämpfender Kurzschlußwindungseffekt). Falls ein Epoxidharzkleber zur Verfügung steht, sichert man den Stab damit im Hartpapier, sonst müssen es Alleskleber und eine gegengeklebte feste Pappe auf dem angerauhten Hartpapier tun. In diesem Fall unbedingt auf Klemmsitz des Stabes achten; Stabachse muß genau senkrecht auf der Fläche des Halters stehen.
Im Mustergerät erhielt der Hartpapierhalter lediglich ein M3-Gewinde an der angedeuteten Stelle, doch gestattet eine auf die Folie gelötete flache M3-Schraube robusteren Betrieb. Im Gehäuse befindet sich seitlich eine Bohrung, durch die die Spindel nach außen ragt. Sie wird mit dem flachen Verschluß einer Schuhkremtube versehen, wie Bild 12 andeutet. Bei passender Bohrung im Gehäuse sitzt sie dann etwas klemmend und benötigt keine weitere Arretierung, wenn man beim Abstimmen nicht an ihr zieht. Das Mustergerät arbeitet damit schon länger als ein Jahr einwandfrei. Eine Demontage ist auf diese Weise jederzeit leicht möglich.
Die Spule klebt man einfach auf die dafür vorgesehene und angerauhte Stelle der Leiterplatte, dann montiert man diese (bei eingeschobenem Stab) und führt erst zum Schluß von außen die Abstimmspindel zu. Der Hartpapierhalter ist so dimensioniert, daß er oben an der Gehäuseinnenfläche entlanggleitet und dadurch beim Abstimmen nicht verkanten kann.
Bei der Sendersuche zieht man die Rückkopplung so weit an, daß der Sender beim Durchdrehen kurz „einpfeift", und nimmt dann sofort zurück bis kurz vor den Pfeifpunkt. Der Sender ist genau abgestimmt, wenn rechts und links von diesem Punkt der Abstimmung ein Pfeifton mit höher werdender Frequenz einsetzt, sobald die Rückkopplung kurz wieder etwas angezogen wird. Achtung! Das Gehäuse ist zwar teilweise schirmend, doch kann – das gilt hauptsächlich bei Betrieb mit Hilfsantenne – eine Handempfindlichkeit nicht ausgeschlossen werden, wenn man in Spulennähe kommt. Darauf ist beim Berühren zu achten. (Bezüglich Antennenanschlusses vgl. Kapitel 5. und 6.)

Es erschien notwendig, diese Informationen zunächst zusammengefaßt wiederzugeben, obwohl der Bau des Gehäuses erst anschließend beschrieben wird.
Zum Betrieb mit Antenne noch ein wichtiger Hinweis: Betreibt man ein Audion oberhalb des Pfeifeinsatzes, so wird es zum Sender. Das ist verboten, denn eine Antenne würde diese Schwingungen abstrahlen und andere Empfänger stören!

3.5. Gehäuse

Im allgemeinen benutzt man für Kleingeräte heute passende Kunststoffdosen, oder man biegt aus PVC einen Rahmen, der mit Front- und Rückwand versehen wird (vgl. „mini 2"). Für „mini 1" wurde zweckmäßig kupferkaschierter Schichtpreßstoff gewählt. Die Gründe dafür waren:

- Es kann Material benutzt werden, das wegen der Leiterplatte ohnehin schon vorhanden ist.
- Die Leiterplatte läßt sich einfach einlöten, die Halterung des Lautsprechers ebenfalls.
- Die Batteriekontaktierung kann unmittelbar im Gehäuse erfolgen und braucht daher fast keinen zusätzlichen Platz.
- Das Gehäuse läßt sich relativ leicht zusammenlöten.
- Man kann eine gegen Handempfindlichkeit des Audions günstige Abschirmung sozusagen „nebenbei" erreichen.
- Das Material läßt sich mit der Laubsäge bearbeiten; die Oberfläche kann lackiert werden.

Für die Rückwand empfiehlt sich dagegen 1-mm-PVC-Plattenmaterial, das, entsprechend eingepaßt, mit Hilfe kleiner Lötzinnecken einfach eingeklemmt wird.
Die Zuschnitte für das Gehäuse und die abzuschälenden Foliepartien erkennt man aus Bild 13; seine Montage ergibt sich aus Bild 14. Die zusammenzulötenden Kanten verzinnt man vorher und hält beim Löten die Wände streng senkrecht zueinander (ggf. Anschlagklötze verwenden), da die Lötnaht das Bestreben hat, die Platten zueinander zu ziehen. Man beginne mit einer Seite und der Vorderwand, setze dann die folgende Seite an usf. Geringe Maßunterschiede (überstehende Seiten) beseitigt die Feile. Nach Bohren der Lautsprecherlöcher wird lackiert (Achtung: Die 4 Ecklöcher nur tief ansenken und später aus optischen Gründen schwarz auslegen, da sie sich außerhalb der Lautsprecherfläche befinden und sonst akustisch nachteilig wirken würden!)
Sollten beim Zusammenbau Spalten entstanden sein, so kann man diese mit etwas Spachtelmasse ausfüllen. Der Lack läßt sich mit Pinsel oder aus der Spray-Dose (Wartburg-Reparatur-Lack, VEB aerosol) aufbringen. Nach dem Trocknen montiert man den Lautsprecher gemäß Bild 15, aber erst nach Zentrierung durch die kreisförmige Aussparung innerhalb der Bauelementeanordnung! Diese Dimensionierung bezieht sich im übrigen auf den kleinen Magnetdurchmesser des 121K3, mit dem Vorläufer größeren Magnetdurchmessers (121K) wird es schwieriger. Bei allen Gehäusezuschnitten im M 1:1 sind die Abmessungen aus den Bildern abzulesen.

3.6. Batterie

Das eingangs genannte Element aus der kleinen 3-V-Stabbatterie mit seinem Durchmesser von 19,6 mm paßt optimal in den freien Platz rechts neben Lautsprecher und Übertrager. Allerdings muß man es aus seiner Papphülle nehmen und statt dessen mit Klebefolie umhüllen. Im Mustergerät wurden schnell (aber vorsichtig!) 2 Litzestücke an das Element gelötet und dieses isoliert eingelegt. Die hohe Betriebszeit rechtfertigte diese Maßnahme.
Eleganter und bei sachgemäßer Ausführung wenig störanfällig ist allerdings ein Klemmhalter. Bild 16 deutet das für kupferkaschiertes Gehäuse mögliche Prinzip an. Die entsprechenden Foliepartien in den Gehäusewänden müssen vor dem Zusammenbau von der übrigen Fläche getrennt werden. Im übrigen enthält „mini 2" einen praktisch ausgeführten Batteriehalter, der sich inzwischen bewährt hat. Er besteht aus PVC und Weißblech.
Hinweis: Man lege auf den Lautsprecherkorb ein Stück Zeichenkarton mit runder Öffnung für den Magnet und beklebe diesen mit Folie. Beide Maßnahmen verhindern unerwünschte Kurzschlüsse in der Schaltung. Bei größeren Gerätevarianten empfiehlt es sich, einen Elektrolytkondensator von etwa 500 μF über die Batterie zu legen. Das verhindert Selbsterregung über den durch Alterung wachsenden Innenwiderstand.

4. „mini 2" – Variante mit C-Abstimmung

4.1. Besonderheiten

Schaltungstechnisch wurde von „mini 1" ausgegangen; nachträglich erhielt das Muster aber noch eine galvanische Trennung zwischen T1 und T2. Dadurch wird der Arbeitspunkt von T2 unabhängig von T1 und von der Potentiometerstellung, was für die Verwendung des Geräts als Verstärker (vgl. Kapitel 5.) günstiger ist. Die beiden zusätzlichen Bauelemente ließen sich noch unterbringen (Änderung vgl. Bild 17).

Historisch gesehen, enthielt „mini 1" noch einen Ausschnitt in der Leiterplatte für den Magnet, damit das Gerät wegen des völlig innen liegenden Lautsprechers nicht zu dick werden mußte. Dennoch war es im ersten Muster nicht einfach, die Bauelemente vom metallischen Lautsprecherkorb fernzuhalten.

Aus diesem Grund wurde bei „mini 2" ein Gehäuse benutzt, bei dem der Lautsprecher mit seiner Membranfläche außen liegt. Dadurch konnte eine geschlossene Leiterplatte verwendet werden; gleichzeitig erfolgten gewisse Korrekturen in der Anordnung, die etwas größere Höhe und Breite zur Folge hatten. Dennoch konnte das Gerät unter 100 cm³ Gesamtvolumen gehalten werden. Die Fotos zu „mini 1" zeigen nun noch die „Historie", während die Leiterplatte von „mini 2" praktisch rückwirkend empfohlen wird und auch bei dessen Beschreibung dargestellt ist. Daraus ergibt sich, daß die Gehäusemaße von „mini 1" tiefer sind als nach erstem Muster. Man könnte zwar in der Platte für den Lautsprechermagnet wiederum ein kreisrundes Loch aussägen, doch würde das oben 2 Leiterzüge kosten, die durch Drähte zu ersetzen wären. Außerdem wäre es schwieriger zu verhindern, daß die stehenden Bauelemente den Lautsprecherkorb berühren. Benutzt man andererseits die Gestaltung des Gehäuses von „mini 2" (s. u.) auch für „mini 1", d. h., legt man den Lautsprecher nach außen (und deckt ihn mit einem Ziergitter, einer Stoffbespannung ö. ä. ab), so erhält man ebenfalls die günstige flache Bauform ohne Leiterplattenausschnitt. Man erkennt, daß bezüglich der Außengestaltung und des Schwierigkeitsgrads für den inneren Bau eine persönliche Entscheidung notwendig ist, die auf Geschmack und handwerkliche Mittel Rücksicht nimmt.

Von elektrischer Seite her entspricht „mini 2" also dem „mini 1" (abgesehen von der individuell möglichen Trennung zwischen T2 und T3, für die nicht zusätzlich noch Lötpunkte vorgesehen wurden). Durch die Abstimmung mit Hilfe eines Drehkondensators ergeben sich allerdings einige Gebrauchsunterschiede zwischen beiden:

Der Drehkondensator erlaubt schnellen Senderwechsel. „mini 2" ist daher speziell in Gebieten mit mehreren starken Sendern sowie für Reisen am Platz. Außerdem empfiehlt sich diese Variante für mechanisch weniger Begabte, die sich vor der L-Abstimmung „fürchten". Bei Anschluß einer Hilfsantenne muß aber durch deren Kapazität mit einer gewissen Beschränkung des oberen Frequenzendes gerechnet werden, die man bei „mini 1" mit einem entsprechenden Stabhub ausgleichen kann oder (wenn die Antenne ständig angeschlossen bleibt) mit einem kleineren, festen Kreiskondensator berücksichtigt. Im allgemeinen überwiegen aber die Vorteile der Drehkondensatorabstimmung bis auf die Tatsache, daß die fehlende Übersetzung bei diesem kleinen Modell ein gewisses Fingerspitzengefühl beim Einstellen schwächerer Sender erfordert. Fortgeschrittene können ggf. in größerem Gehäuse beide Lösungen kombinieren und erreichen auf diese Weise eine Art Abstimmlupe.

Bedenkt man, daß sich die gezeigte Audionschaltung prinzipiell auch für Kurzwelle eignet (bezüglich Grenzfrequenz nur eine Transistor- und Ferritstabfrage), so ergibt sich eine überaus interessante Möglichkeit für den Kurzwellenamateur. Für den Erfahreneren lohnt es sich, diesem Tip nachzugehen, wenn er mit der Kurzwelle beginnen will.

Im übrigen zwingt die kleine Gesamtkapazität des „Mikki"-Drehkondensators, dessen beide Pakete in unserem Gerät parallelgeschaltet werden, im PVC-Gehäuse zum Abschirmen dieses Geräteteils (möglichst auch – mit Mindestabstand halber Spulendurchmesser – der Wicklung), damit man nicht mit der Handkapazität verstimmt (vgl. dazu auch Kapitel 5.). Das kann mit dünnem Blech geschehen (an Masse legen).

4.2. Änderungen gegenüber „mini 1"

Elektrisch gesehen, ersetzt man also einfach den Kreiskondensator (2) durch die beiden parallelgeschalteten Pakete des „Mikki"-Drehkondensators (äußere Federn verbinden, die mittlere ist der gemeinsame Masseanschluß). Der Ferritstab muß nun nicht mehr verschoben werden. Man benötigt etwa 470 µH Kreisinduktivität, also mehr als bei „mini 1", dessen Kreiskondensator ja 330 pF groß war, während „mini 2" nur maximal 200 pF (Richtwert) erreicht. Statt des runden Ferritstabs (gekürzter „Sternchen"-Stab, 8 mm Durchmesser) kann man in diesem Fall auch einen „Mikki"-Stab verwenden, für den Bild 18 Hinweise enthält. Auch er muß so gekürzt werden, daß er ins Gehäuse neben den Drehkondensator paßt. Zur Übung wird empfohlen, ausgehend von den Daten in Bild 10, die erforderliche Kreiswindungszahl selbst zu ermitteln (Sender aus dem „untersten" MW-Ende muß noch zu empfangen sein); Koppelwicklungen gemäß Bild 10. Da genügend Platz vorhanden ist, kann man sogar 2 „Mikki"-Stäbe bündeln, wobei man die Kreiswicklungen wieder um einige Windungen verringern muß (erproben). Das bewirkt eine höhere Empfangsleistung.

Ferritstäbe kürzt man wie folgt: Mit einer scharfen Feile wird die gewünschte Trennlinie rings um den Stab markiert. Anschließend spannt man ihn vorsichtig so in den Schraubstock ein, daß diese Linie gerade mit den Schraubstockbacken abschließt. Ein kurzer kräftiger, seitlicher Ruck ergibt meist eine saubere Bruchfläche, deren scharfe Kanten sich mit feinem Schmirgelleinen verrunden lassen.

Der Drehkondensator wird entsprechend Bild 19 rechts oben unter der Deckplatte montiert. Das Bedienungsrad sägt man gemäß Bild 20 aus einem Stück PVC (1 mm dick). Zusammen mit den angeklebten Begrenzungsplättchen (der Achse anpassen) wird das Bedienungsrad mit einer M2-Senkschraube auf der Drehkondensatorachse festgeschraubt.

Wie bereits angedeutet, besteht das Gehäuse des „mini 2"-Musters aus 1-mm-PVC, in üblicher Weise über stromdurchflossenem Widerstandsdraht gebogen. Seinen Zuschnitt erkennt man aus Bild 21 (Lösung „Lautsprecher außen aufgesetzt"). Der Batteriehalter konnte – selbst aus PVC bestehend – leicht mit PCD 13 eingeklebt werden. Seine Konstruktion geht aus Bild 22 hervor: Ein Stück 1-mm-PVC wird federartig gebogen und erhält einen schmalen Weißblechstreifen mit angelöteter Litze. Diesen Minuskontakt klebt man unter dem Drehkondensator in das Gehäuse. Als positiven Gegenkontakt dient ebenfalls ein Stück Weißblech mit Drahtanschluß. Beide Blechstücke sind mit abgebogenen Ecken bzw. ausgeschnittenen Partien versehen, so daß man sie mit diesen und einem warmen Lötkolben leicht im PVC verankern kann.

5. Zusätze

„mini 1" und „mini 2" sind in genügender Nähe des Ortssenders (je nach Leistung und Umwelt bis zu etwa 20 km) von irgendwelchen Außenanschlüssen völlig unabhängig. Besonders leiser Empfang, der auch eine ruhige Umgebung nicht stört, ist möglich, wenn man das leichte Gerätchen nahe ans Ohr hält. Dennoch wird manchem für diesen Zweck ein Ohrhöreranschluß bequemer erscheinen. In vielen Fällen bringt auch eine Hilfsantenne ein größeres Senderangebot. Es dürfte aber nicht ganz einfach sein, dafür und für viele andere Zwecke noch eine freie Stelle im Gerät zu finden, wenn dieses nach dem Urmodell von „mini 1" gebaut ist. Daher wurden in der Weiterentwicklung, deren Ergebnis die Leiterplatte nach Bild 6 darstellt, von vornherein Miniaturkontakte vorgesehen. Diese konnten sehr kleingehalten werden, und zwar mit Hilfe von Kontaktfedern der Steckverbindung zum „System Komplexe Amateurelektronik" (VEB Meßelektronik Berlin); über ihren Einbau in die Leiterplatte gibt Bild 23 näheren Aufschluß (vgl. auch die entsprechenden Fotos). Die Gegenkontakte sind 1-mm-Stecker; man muß sie an alle Leitungen anlöten, die mit dem Gerät verbunden werden sollen, also z. B. auch an die des Ohrhörers. Es gelingt mit Hilfe von PVC-isolierter Litze oder mit entsprechendem Isolierschlauch, diese Steckerenden einigermaßen bruchsicher zu gestalten, wenn man die PVC-Hülle vorsichtig, aber schnell über die noch warme Lötstelle schiebt, die mit wenig Zinn hergestellt wurde (Bild 24).

Die Gehäuserückwand erhält die erforderlichen Bohrungen von 1,3 mm, dem gleichen Durchmesser wie die Aufnahmebohrungen in der Leiterplatte. Für die mit Drahtanschluß versehenen Bauelemente genügen 1-mm-Löcher.

5.1. Höreranschluß

Je nach seiner Impedanz legt man den Ohrhörer entweder zur Sekundär- oder zur Primärseite des Übertragers parallel. Der KN04 mit seinen 400 Ω kommt beispielsweise auf die Primärseite; diese Anschlußlage wurde auch in Bild 6 berücksichtigt. Bild 1 deutet diese Anschlüsse ebenfalls an. Übrigens: Wer sich nicht sofort einen Lautsprecher für 10,– M leisten kann, aber einen Hörer besitzt, arbeitet vorerst damit! Das bedeutet außerdem: Der Ausgangsübertrager für etwa 7,– M ist noch nicht unbedingt nötig, und der Arbeitspunkt von T5/T6 muß auf einen noch niedrigeren Kollektorstrom eingestellt werden (damit sinkt auch die Batteriebelastung weiter! Allerdings steigt der Einfluß des Reststroms, besonders von T5).

5.2. Anschluß von Antenne und Erde

Zwischen dem Betrieb nur mit Ferritstab und dem notwendigen Anschluß einer größeren Antenne in schlechter versorgten Gegenden gibt es viele Übergänge, die sich aus dem jeweiligen Einsatzort des Geräts ergeben. Es sei noch eindringlich darauf hingewiesen, daß in der Nähe eines starken Senders eine größere Antenne wenig nützt, da sie auch die Eingangsspannung des Senders erhöht. Wegen der begrenzten Trennfähigkeit selbst eines rückgekoppelten Einzelkreises wird es bald unmöglich, neben diesen „dicken" auch leisere Stationen noch befriedigend zu empfangen. Meist bringt aber eine kleine Hilfsantenne (und wenn es nur 50 cm sind!) schon merkliche Verbesserung, auch in Sendernähe. Man hat es zumindest beim Einstellen des Geräts etwas leichter – bis man es losläßt! Dann ist meist auch der Sender wieder weg. Solange nämlich nur der Ferritstab empfängt, garantiert die Gerätekonstruktion besonders beim kupferkaschierten Gehäuse einen von äußeren Einflüssen fast unabhängigen Empfang. Die Antenne bedeutet aber ein Stück Kreiskapazität (u. a. daher auch der Begrenzungskondensator hinter dem Anschluß), das außerhalb des Geräts liegt, gegen Erde. Auch das Gerät als Ganzes hat eine Kapazität nach außen, ebenso der menschliche Körper. Solange man das Gerät beim Abstimmen anfaßt, stellt man auf dieses Gleichgewicht ein; läßt man los, so sinkt die wirksame Kreiskapazität, das Gerät „läuft nach oben" vom Sender weg. Man kann das nur mit viel Übung ausgleichen, wenn man wieder etwas nach oben abstimmt und dann losläßt. Ideal ist das natürlich nicht. Daher wird der Körpereinfluß am besten mit einem Stück Draht kompensiert, den man auf der Masseseite anschließt und zur Erde herabhängen läßt.
Also: Bei Antennenanschluß, gleichgültig, welchen Aufwands, stets eine – wenn auch noch so primitive – „Erde" vorsehen (es sei denn, man behält das Gerät ständig in der Hand). Kurze Antennenstücke bis zu etwa 50 cm Länge können auch aus 1-mm-Draht bestehen, der als Stabantenne eingesetzt wird. Man sollte ihn mit 2 Steckern abfangen; seine Gegenanschlüsse sind in der Gehäusedecke unterzubringen.

5.3. Telefonadapter

Seine Handlichkeit und der extrem sparsame Batterieverbrauch legen es nahe, den Verstärker des Gerätchens auch für andere Zwecke auszunutzen, z. B. als Signalverfolger oder als Telefonverstärker. Für den letztgenannten Fall wickelt man sich eine flache Fangspule mit mehreren hundert Windungen (CuL-Draht), von der viele Varianten möglich sind. Außerdem gibt es mehrere Einspeisestellen in den Verstärker. Den kleinsten Eingriff (denn Schalter lassen sich nicht mehr im Gehäuse unterbringen) bedeutet der Basisanschluß von T2; der Audiontransistor stört nicht dabei. Günstiger bezüglich der Unabhängigkeit des Arbeitspunkts von T2/T3 ist die weiter vorn angedeutete Kondensatorkopplung an dieser Stelle, wodurch die Verstärkung nicht mehr vom Rückkopplungspotentiometer abhängt. Außerdem spart man sich dann den sonst von der Fangspule her notwendigen Koppelkondensator (andernfalls würde die Spule ja die Basis von T2 gleichstrommäßig an Masse legen, so daß der Transistor immer nur eine Halbwelle der Tonfrequenzwechselspannung verstärken könnte).
Man ordnet die Fangspule mit ihrer magnetischen Achse so zum Telefon an, daß eine möglichst große Spannung induziert wird, d. h., man kann das Gespräch lautstark mithören. Bei leisen Ferngesprächen ist für eine zweite Person auch dann noch Mithören möglich; denn der Anschluß der Fangspule über eine flexible Leitung gestattet es, das Gerät auch ans Ohr zu halten (wenn nicht ohnehin ein Ohrhöranschluß vorgesehen wird). Übrigens ist es infolge des minimalen Strombedarfs nicht weiter schlimm, wenn man nach dem Gespräch einmal das Ausschalten vergißt. Die Technik des Telefonverstärkers läßt sich in der Anwendung nicht sofort optimal beherrschen: Die günstigste „Fangstelle" hängt u. a. vom Typ des Telefonapparats ab. Außerdem wird je nach Lage der Fangspule auch das eigene Wort mehr oder weniger laut wiedergegeben. Das kann bei ungünstiger Anordnung bis zur akustischen Rückkopplung über das Mikrofon führen. Also: Günstigste Lage erproben; sie kann bei Ferngesprächen anders sein als bei Ortsverkehr! Bei stärkeren Netzbrummfeldern 2 gleiche Spulen gegeneinanderschalten und so nebeneinander anordnen, daß nur eine das Gespräch aufnimmt, während die andere den von beiden etwa gleich groß aufgenommenen Brummpegel kompensiert.
Wichtiger Hinweis für Variante ohne eingebauten Trennkondensator vor T2 (also C an der Spule angebracht): Rückkopplungspotentiometer wie bei Empfang einstellen, dann Spule anschließen (nur dann hat T2/T3 richtigen Arbeitspunkt).

5.4. Betrieb mit 2-V- oder 3-V-Batterie sowie größere Modelle

Mit anderer Arbeitspunkteinstellung läßt sich ein etwas größeres Modell der Schaltung auch mit 2 V (RZP2-Kleinakku) oder mit 3 V betreiben. Das gestattet höhere Ausgangsleistung, denn doppelte Spannung bedeutet z. B. bei gleichem Lastwiderstand eine doppelt so große Stromaussteuerung, vorausgesetzt, man legt den Ruhestrom so hoch, daß wieder symmetrisch ausgesteuert werden kann (vgl. Kapitel 6.). Damit steigt aber auch der Batterieverbrauch, d. h., der Betrieb wird weniger wirtschaftlich. 6 mA Gesamtverbrauch aus 2 in Serie geschalteten Monozellen bedeutet aber wieder mehrere hundert Betriebsstunden und damit eine interessante Lösung für ein größeres Standmodell an Orten ohne Lichtnetzanschluß, wo also keine anderen Geräte möglich sind, für netzunabhängige „Nachttisch-" oder „Küchenradios". Doppelte Spannung bei doppeltem Strom ergibt etwa 4fache Leistung, und das merkt man schon. Die preiswerten Monozellen mit ihrer Kapazität von wenigstens 2 Ah im verwertbaren Spannungsbereich lassen das Gerät dabei immer noch extrem billig im Verbrauch bleiben.
Wählt man ein größeres Gehäuse (es kann dann sogar ein Industrieprodukt sein), das den Einbau eines großen Lautsprechers, eines großen Ferritstabs, eines Antennen- und Erdanschlusses sowie eines Luftdrehkondensators erlaubt, so kommt man in Verbindung mit der Versuchsleiterplatte aus Kapitel 3.3.1. zu einem im Verhältnis zum Aufwand erstaunlich leistungsfähigen Einkreisempfänger, dessen Sprechleistung allerdings noch in bescheidenen Grenzen liegt. In einem solchen einmal aufgebauten Gerät bleibt aber noch genügend Platz für spätere Variationen, auch bezüglich anderer komplizierterer Schaltungen; man kann einen größeren Skalenantrieb einbauen u. a. m. – das alles geht jedoch über den Rahmen dieses Bauplans hinaus.
Nur von einer Lösung soll noch berichtet werden, die ebenfalls unkonventionell und billig, dabei aber sehr wirkungsvoll ist:
Über eine solche einfache Endstufe berichtete der Autor bereits im „technikus", H. 4/69. Sie findet in einer 2-l-Kühlschrankdose Platz, deren Deckel durch eine Preßspanplatte mit einer kreisförmigen Öffnung von etwa 115 mm Durchmesser ersetzt wurde. Dies ist die Schallöffnung für einen 124 MBV, einen zum Manuskriptzeitpunkt für etwa 8,40 M erhältlichen 2-W-Lautsprecher. Je größer die Membran, um so besser werden (abgesehen von Spezialausführungen) die tiefen Frequenzen abgestrahlt, um so besser ist im allgemeinen auch der Wirkungsgrad. Der genannte Lautsprecher hat eine hohe Schwingspulenimpedanz (15 Ω), sein ohmscher Widerstand liegt bei etwa 14 Ω. Es schadet ihm also nicht, wenn er mit etwa 50 mA Gleichstrom belastet wird. Dieser Strom ergibt sich, wenn man ihn in einer Schaltung nach Bild 25 betreibt und diese mit einer 1,5-V-Monozelle speist. Man erreicht dann etwa 50 Betriebsstunden, so daß die Stunde bei der billigsten Batterieausführung kaum 1 Pfennig kostet.
Die Schaltung benötigt nur 3 Bauelemente: 1 Basteltransistor etwa der Bauform GC 116···GC 121, 1 Koppelkondensator und 1 von der Stromverstärkung abhängigen Widerstand.
Der Lautsprecher liegt zwischen Emitter und Masse; es handelt sich daher um eine Kollektorstufe mit einem Eingangswiderstand von etwa $\beta \cdot 14\ \Omega$. Man kann sie also dort anschließen, wo sonst

bei „mini" der KNO4 eingeführt wird, nämlich direkt am Kollektor von T5/T6. Für den Widerstand „R_b" benutzt man die Faustformel 12 · Stromverstärkung (gemessen bei 50 mA; der Wert ergibt sich in Ω). Man kann also auch einen Trimmwiderstand von 2,5 kΩ einlöten und 50 mA einstellen. Es wäre sogar prinzipiell möglich, auf Widerstand und Elektrolytkondensator zu verzichten, denn die benötigte Basisspannung (gemessen gegen Masse) ist etwa so groß wie die Kollektorspannung von T5/T6, wenn statt des Übertragers ein Festwiderstand von etwa der halben Größe des obenerrechneten eingesetzt wird. Man muß dann natürlich den Pluspol beider Batterien verbinden. Das führt schließlich dazu, daß man die Monozelle für das gesamte Gerät verwenden kann, also dann, wenn sich die gesamte Schaltung in der Box befindet (Bild 26), wofür gemäß Bild 27 noch ausreichend Platz vorhanden ist. **Also:** Bei nur gelegentlicher Kopplung des (selbständigen) „mini" mit der Box einfach die Schaltung nach Bild 25 an den Hörerausgang von „mini" anschließen. Wird jedoch ständiger „Boxbetrieb" (z. B. in der Küche oder auf dem Nachttisch) gewünscht, dann läßt sich für das in die Box eingebaute Gesamtgerät der Ausgangsübertrager einsparen, und man verfährt bei neu eingestelltem Arbeitspunkt für T5/T6 (auf $U_B/2$) wie bei Schaltung 26.

Diese extrem einfache Endstufe bringt die mehr als 10fache Sprechleistung des „mini" und ergibt eine überraschend gute Tiefenwiedergabe. Sie zeigt, was alles in „mini" steckt. Für den Außenanschluß benutzt man am besten einen Flachbandstecker, der in 2 Buchsen in der Frontplatte eingeführt wird und dessen anderes Leitungsende man mit 2 Stück 1-mm-Steckern in der obenbeschriebenen Art versehen hat. Außerdem erhält die Frontplatte einen Kippschalter für die Batterie, der deutlich zu kennzeichnen ist. Sieht man von der Kühlschrankdose ab, die sich ja auch durch ein Gehäuse aus Preßspan oder Sperrholz ersetzen läßt (mit Leisten zusammenschrauben), das man lackieren kann, so kostet die ganze Box im günstigsten Fall betriebsfertig kaum mehr als 10,– M. Man kann sie im übrigen auch für manches andere Experiment einsetzen oder lediglich den eingebauten Lautsprecher anschließen, je nach Versuch.

Hinweis: Bei Variante mit Elkokopplung kann der Lautsprecher auch in die Kollektorleitung gelegt werden, was höhere Gesamtverstärkung ergibt. R_b bleibt direkt am Kollektor.

Ein Wort noch zum Batteriehalter. Im allgemeinen erscheint es schwierig, Monozellen sicher zu kontaktieren; meist fehlt es auch am passenden Federmaterial. Hier schafft wiederum PVC Abhilfe (1,5 mm dick). Die Gestaltung des Halters (die hochstehenden Teile sind leicht nach innen zu neigen, damit die nötige Federspannung entsteht) erkennt man aus Bild 27. 2 Streifen aus lötbarem Blech dienen auch in diesem Fall als Kontakte (ähnlich behandelt wie die Kontakte in „mini 2"). Das Pluspolblech bildet eine Wanne, die seitliches Herausrutschen verhindert, und auch beim Minusblech wurden die Ecken kurz hochgebogen, was die Kontaktgabe verbessert und besonders einem (teuren, aber auch länger „lebenden") Leakproof-Element (= feuchtedicht; läuft nicht aus) sehr guten Halt verleiht.

Maßangaben für die Box dürften sich erübrigen; alles Wissenswerte erkennt man aus dem Bild.

6. Etwas Theorie

Die berechtigte Frage, warum und nach welchen Prinzipien das Erstlingsgerät eigentlich funktioniert, soll in großen Zügen beantwortet werden. Vorauszusetzen sind allerdings so viel Allgemeinkenntnisse (einschließlich Bedeutung gebräuchlicher Fremdworte), wie sie heute etwa dem Stand der Klasse 8 entsprechen sollten. Einiges enthalten bereits die vorangegangenen Kapitel, vieles muß aus Platzgründen offenbleiben.

6.1. AM-Rundfunk

Ein Rundfunksender baut um sich ein elektromagnetisches Wechselfeld auf, dessen Schwingungen von seiner Senderfrequenz bestimmt werden und dessen Feldstärke mit wachsendem Abstand zum Sender hin abnimmt. Dafür gelten bestimmte physikalische Gesetze, wobei die nach ihnen mathematisch ermittelten örtlichen Feldstärken noch von Geländeverhältnissen und dem Charakter der Bebauung bestimmt werden (z. B. schirmen Gebäude aus Stahlbeton stark ab; das gilt übrigens auch für Eisenbahnwagen und PKW, wo der beste Empfang in Fensternähe möglich ist).

Die Schwingungen haben für Mittelwelle Frequenzen zwischen etwa 525 kHz und 1625 kHz, ein solcher Sender läßt sich – leistungsabhängig – bis zu einigen hundert Kilometern weit empfangen. Im oberen Bereich kommt es abends durch Reflexionen an ionisierten Schichten, die sich um die Erde ziehen, auch mit Stationen kleinerer Leistung zu großen Reichweiten.

Die hochfrequente Senderwelle dient aber nur als Träger der gesprochenen Nachricht oder des Musikprogramms. Das menschliche Ohr reagiert auf Schallwellen zwischen etwa 16 Hz und 16 000 Hz. Solche niedrigen Frequenzen, würden sie als elektromagnetische Wellen abgestrahlt, brauchten Sender mit Antennen von erheblichen Dimensionen. Sie würden andere elektroakustische Einrichtungen stören. Außerdem hätte man empfängerseitig erhebliche Schwierigkeiten, sie ausreichend zu verstärken, da kein die Rückwirkungen vermindernder Frequenzwechsel wie etwa beim Superhet möglich wäre. Weiterhin stört jedes Streufeld (z. B. von Transformatoren). Schließlich könnte man auch immer nur einen Sender betreiben, da alle anderen die gleichen Frequenzen benötigten und sich dadurch störten.

Man führt daher die Tonfrequenzen einem hochfrequenten Träger zu, man „moduliert" diesen. Im Fall der auf Mittelwelle und Langwelle durchweg üblichen (weil für diesen Bereich aus mehreren Gründen zweckmäßigen) Amplitudenmodulation wird der Amplitude der hochfrequenten Senderwelle das Modulationsfrequenzgemisch „aufgedrückt", wodurch sich ihre Amplitude entsprechend verändert (Bild 28). Empfängerseitig muß man beide wieder trennen, also „demodulieren". Das entspricht einer Gleichrichtung, wobei gleichzeitig die hochfrequenten Amplituden einer Schwingungshälfte „integriert" werden, so daß sich wieder der geschlossene Kurvenzug der jeweiligen Tonfrequenzschwingung ergibt (vgl. ebenfalls Bild 28). Dazu dient der Kondensator hinter dem Gleichrichter, der für die Tonfrequenz noch genügend sperren muß. Das Sendersignal ist am Empfangsort meist schwach und muß verstärkt werden, entweder (in größeren Empfängern – schaltungstechnisch gemeint) schon HF-seitig (meist außerdem nach dem Superprinzip durch Überlagerung mit Hilfsfrequenz und durch weitere Verstärkung der Zwischenfrequenz, vgl. Bauplan Nr. 6 „JUNIOR") oder mindestens nach der Demodulation. Die einzige Ausnahme davon bildet der nur für große Feldstärken geeignete Detektorempfänger ohne Zusatzverstärker.

Ein Spezialfall ist die Audionschaltung, wie sie in einer ihrer zahlreichen Varianten im „mini" verwendet wird. Ein einziger Transistor übernimmt HF-Verstärkung (zur Kreisentdämpfung und damit zur Erhöhung von Empfindlichkeit und Trennschärfe benutzt), Demodulation sowie eine gewisse (wenn auch geringe, schaltungsabhängige) NF-Verstärkung.

6.2. NF-Verstärkung

Ein Transistor-NF-Verstärker ist so einzustellen, daß die Eingangsdiode des Transistors für beide Schwingungshälften „durchläßt" (ausgenommen bei Gegentakt-B-Betrieb, der in diesem Bauplan nicht behandelt wird). Andernfalls erhält man Gleichrichtereffekt und damit Verzerrungen. Bild 29, das (nur qualitativ) 3 der 4 Kennlinienfelder des Transistors zeigt, läßt das erkennen (vgl. 3. Quadranten). Ausgangsseitig ergibt sich ein Bild, wie es der 1. Quadrant zeigt. Der eingestellte Basisstrom bewirkt über dem Arbeitswiderstand kollektorseitig eine Aufteilung der Batteriespannung auf Transistor und Widerstand. Je größer dieser Widerstand, um so flacher liegt seine Gerade (Gleichspannungsbetrachtung). Ein im Arbeitspunkt hinter dem Koppelkondensator angeschlossener Lastwiderstand (z. B. der Eingang des nächsten Transistors) wird in Verbindung mit R_A als Gerade mit der Neigung $\frac{I}{U} = \frac{1}{R}$ durch den Arbeitspunkt gelegt (Wechselspannungsbetrachtung). Man kann an ihr ablesen, wie weit sich der im Leerlauf mögliche Aussteuerbereich noch verzerrungsarm ausnutzen läßt.

Eine Endstufe mit Übertragungskopplung hat eine andere Kennlinienausnutzung. In Bild 30 wurde – vereinfachend – der ohmsche Wicklungswiderstand vernachlässigt; der niedrige Widerstand des Lautsprechers übersetzt sich mit ü² und ergibt eine Gerade durch den mit Hilfe des Basisstroms eingestellten Arbeitspunkt für I_C senkrecht über U_B (wenn $R_{Wickl.}$ zu 0 angenommen wird). Da Lautsprecherwiderstand und Übersetzungsverhältnis ü = w1/w2 durch die Bauelemente des Bauplans festliegen, erhält man einen optimalen Arbeitspunkt für größte Aussteuerung gemäß Bild 30. Ein höherer Strom bringt schnell starke Verzerrungen. Darauf basiert der sparsame Batterieverbrauch von „mini".

7. Bezugsquellen und Bauelemente

Selbst für einfache Geräte erhält man nicht immer alles sofort und an einem Ort. Ein Netz von Versandgeschäften gewährleistet jedoch, daß man alles zum Bau Notwendige zusammenbekommt. Besonders dem Anfänger sollen die beiden folgenden Aufstellungen dabei behilflich sein. Es handelt sich einmal um eine Liste der Bauelemente, zum anderen aber um die Anschriften einiger wichtiger Versandgeschäfte. Die in eckige Klammern gesetzten Bauelemente stellen die Änderungen für „mini 2" dar, einschließlich der Schaltungsvariante mit Kondensator zwischen T1 und T2/T3. (Bauelementeliste siehe neben Stromlaufplan!)
Die Bauelemente wurden nicht immer nach TGL bezeichnet, da sich im Bastlerbedarfshandel meist die verschiedensten Typen (und nicht immer die neuesten) befinden! Man wähle stets die kleinste Bauform (gilt für die Kondensatoren), allerdings bleibe man im Typ: Kunstfolie- und Keramikkondensatoren – bis auf den Epsilantyp – dürfen nicht durch Papierkondensatoren, auch Duroplastkondensatoren genannt, ersetzt werden, wohl aber ist zwischen Kunstfolie und Keramik in unserem Fall Austausch möglich.

Bastler- und Amateurfilialen

			Telefon
25	Rostock,	Steinstraße 6	3 46 35
27	Schwerin,	Martinstraße 1	39 71
15	Potsdam,	Friedrich-Ebert-Straße 113	2 29 23
75	Cottbus,	Marktstraße 2	2 51 81
3018	Magdeburg,	Lübecker Straße 118	5 17 84
402	Halle,	Große Steinstraße 58	2 57 05
501	Erfurt,	Hermann-Jahn-Straße 11–12	2 21 08
801	Dresden,	Ernst-Thälmann-Straße 9	4 71 71
701	Leipzig,	Grimmaische Straße 25	2 48 25
901	Karl-Marx-Stadt,	Straße der Nationen 46	4 16 91
1034	Berlin,	Warschauer Straße 71	58 23 90
1058	Berlin,	Kastanienallee 78	44 35 93

8. Literatur

Dem Anfänger sind folgende Hefte der Reihe „Der junge Funker" (in öffentlichen Bibliotheken zu finden) zu empfehlen:

H. 1 Jakubaschk	Elektrotechnische Experimente
H. 3 Jakubaschk	Transistortechnik leicht verständlich
H. 4 Schubert	Mit Transistor und Batterie
H. 10 bis 12	Vom Detektor zum Superhet
H. 13 und 14 Schlenzig	Wege zum Gerät

Bastelpraxis vermittelt Schuberts „Großes Radiobastelbuch"; tieferes Eindringen in die Materie der Transistortechnik gestattet Fischers „Transistortechnik für den Funkamateur", und schließlich wird man in der Amateurbibliothek auch zum „Elektronikbastelbuch" sowie zur „Amateurtechnologie" greifen, besonders dann, wenn es beim Entwurf und Bau von Geräten um moderne Verfahren und Gesichtspunkte geht.
Systematischer und breiter erwirbt man sich natürlich spezielle Kenntnisse in einer entsprechenden Berufsausbildung mit anschließendem Fach- oder Hochschulstudium. Das sei jedem Anfänger als mögliches Endziel mit auf den Weg gegeben, wenn er dieses interessante Gebiet nicht ausschließlich als freizeitfüllendes Hobby betreibt.

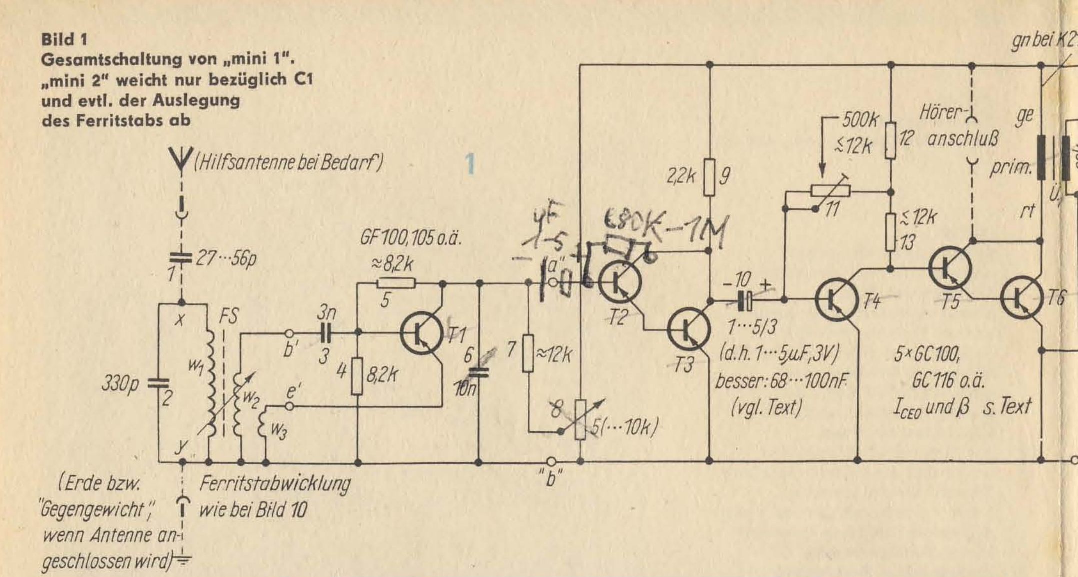
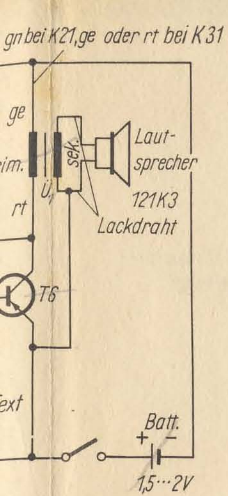


Bild 1
Gesamtschaltung von „mini 1". „mini 2" weicht nur bezüglich C1 und evtl. der Auslegung des Ferritstabs ab

Bauelemente für „mini 1" (und „mini 2") – vgl. Bild 1 und Bild 17

1	Keramikkondensator 28 pF···56 pF
2	Kunstfoliekondensator 330 pF 63 V bzw. „Mikki"-Drehkondensator
3	Keramikkondensator (Epsilan) 3 nF···5 nF 160 V (kleinster Typ)
4	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 8,2 kΩ
5	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 8,2 kΩ (je nach T1 6,2 bis ≈ 12 kΩ)
6	Keramikkondensator 10 nF (kleinstmöglicher Typ) oder Papierkondensator 10 nF 63 V
7	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 12 kΩ (je nach T1 8,2 bis ≈ 15 kΩ)
8	Schichtdrehwiderstand („Knopfpotentiometer") 5 kΩ mit Schalter („Mikki"- oder „Sternchen"-Typ)
9	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 1,8 kΩ···2,2 kΩ
10	Elektrolytkondensator 1 µF···5 µF 3 V (oder mehr), TGL 7198 (Drahtanschluß) oder TGL 200–8308 (stehend)
11	Schichtdrehwiderstand („Einstellpotentiometer") 0,1 W 250 kΩ (oder 500 kΩ), Ausführung „P" für gedruckte Schaltungen
12	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 12 kΩ (···6,8 kΩ bei höherem Reststrom, vgl. Text)
13	Schichtwiderstand wie 12
FS	nach Bild 13 (Bild 21) bewickelter Ferritstab („Sternchen"-Stab, für „mini 2" auch „Mikki"-Stab; gemäß Beschreibung gekürzt)
Ü1	Kleinstübertrager K21 („Sternchen") oder K31 („T100"), Anschlüsse s. Text
Lspr.	Lautsprecher 121k3 („Mikki"-Lautsprecher, möglichst mit dem kleineren Magnetdurchmesser von etwa 23 mm)
14	Elektrolytkondensator 1 µF···5 µF 3 V (oder mehr, möglichst klein) TGL 7198 – bei Bedarf – vgl. Text; dazu
15	Schichtwiderstand 1/8 W oder 1/20 W 680 kΩ··· 1 MΩ – um so höher, je höher β2·β3)
T1	Transistor GF 100···GF 105 oder aus den übrigen ausgelesener Audiontransistor (Bedingungen vgl. Text), $I_{CE0} < 50\ \mu A$
T2···T6	Transistoren GC 100a, GC 115···GC 121 oder entsprechende Basteltypen, β zwischen 15 und 25, I_{CE0} möglichst unter 20 µA (vgl. Text)
Batt.	1,5-V-Zelle aus Stabbatterie 3 V (etwa 20 mm Durchmesser, Gesamtlänge etwa 37 mm)

Hilfsmaterial laut Text.



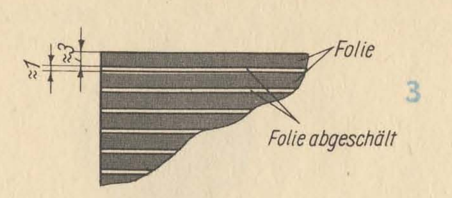
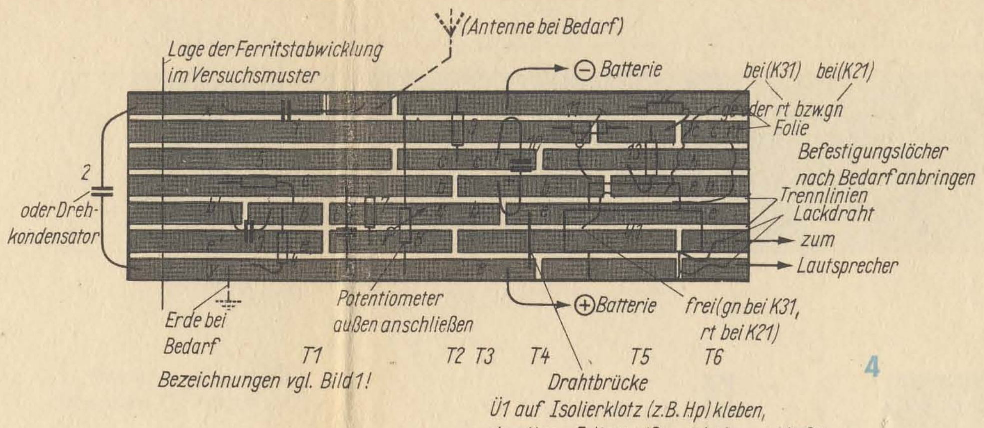


Bild 3
Streifenleiterplatte für die Erprobung der Schaltung (Vorschlag) – man beachte auch die im System „Komplexe Amateurelektronik" enthaltene gelochte Streifenleiterplatte



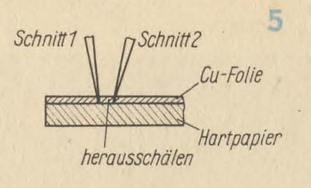
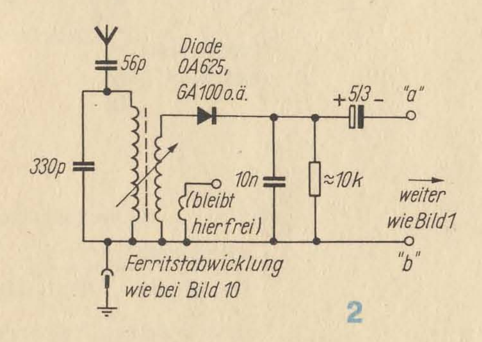
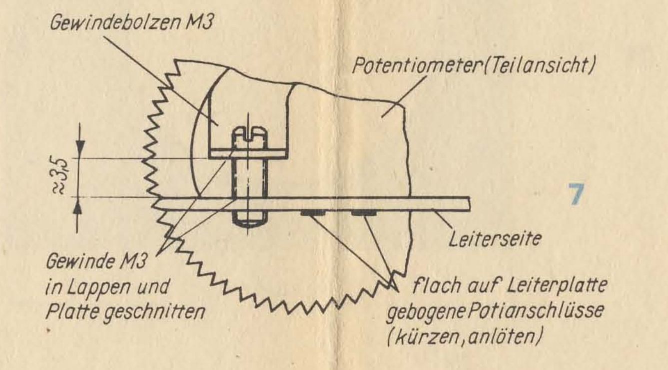


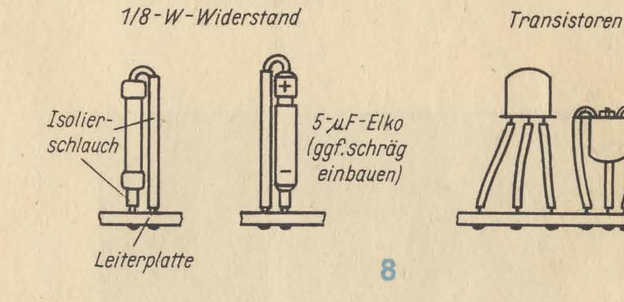
Bild 5
Anfertigung der Platte nach Bild 3

Bild 4
Aufteilung der Streifen und Bestückungsplan einer Platte nach Bild 3

Bild 2
Provisorische Eingangsschaltung für den Anfänger zur Erprobung des NF-Verstärkers (Detektoreingang statt des Bildteils links von a–b in Schaltung nach Bild 1 einsetzen)







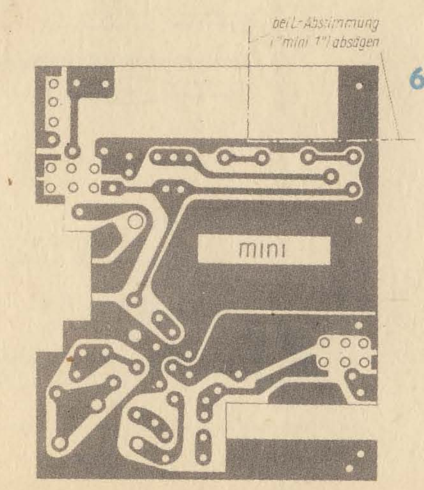
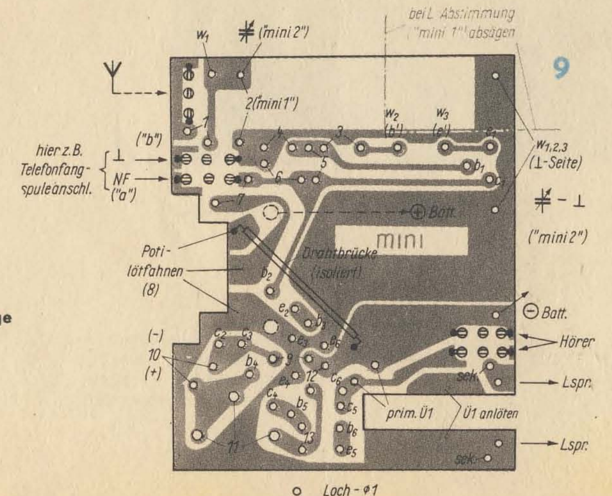


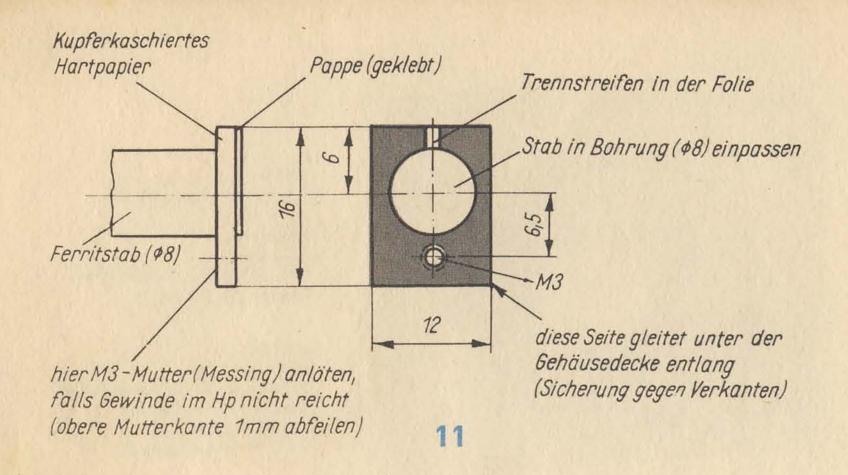
Bild 6
Leitungsmuster für „mini 1" und „mini 2"

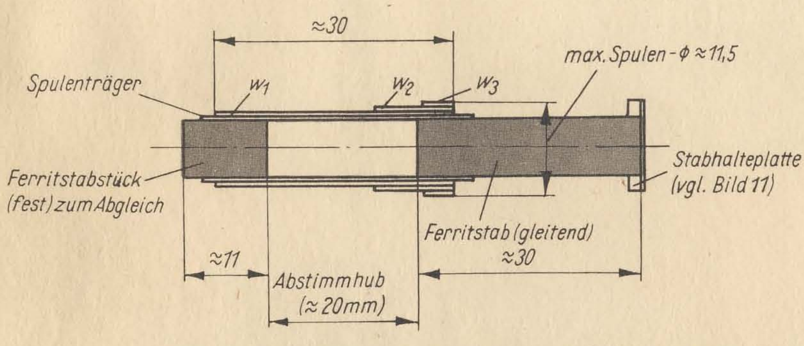
Bild 7
Zweckmäßige Potentiometermontage: In die Laschen M3-Gewinde schneiden (ebenso in die Leiterplatte an dieser Stelle) bzw. mit M2-Schrauben arbeiten

Bild 8
Einzelheiten für die zweckmäßige Montage der Bauelemente

Bild 9
Bestückungsplan für „mini 1" bzw. „mini 2", Leiterseite







10

$w_1 \approx$ 76 Wdg. HF-Litze 10×0,07 oder Lack-Seide-Draht ϕ 0,3
$w_2 \approx$ 25···30 Wdg. Lack-Seide-Draht ϕ 0,3
$w_3 \approx$ 8···10 Wdg. Lack-Seide-Draht ϕ 0,3

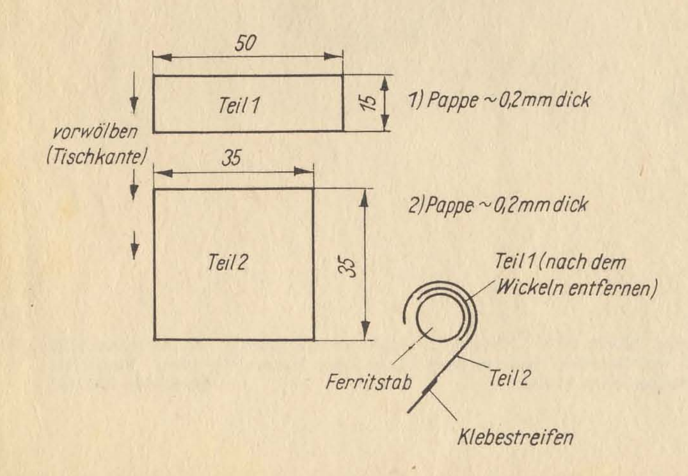


Bild 10
Abstimmbarer Ferritstab für „mini 1"; – Daten, Maße und Spulenherstellung (mit Zwischenlage und Träger aus Pappe auf Stab wickeln, dann mit Alleskleber fixieren und Zwischenlage entfernen, damit Stab leicht gleitet) Achtung! Für w_1 könnten je nach Kernmaterial unter Umständen bis 95 Wdg. nötig sein.

Bild 11
Halterung des Stabes mit Abstimmspindel

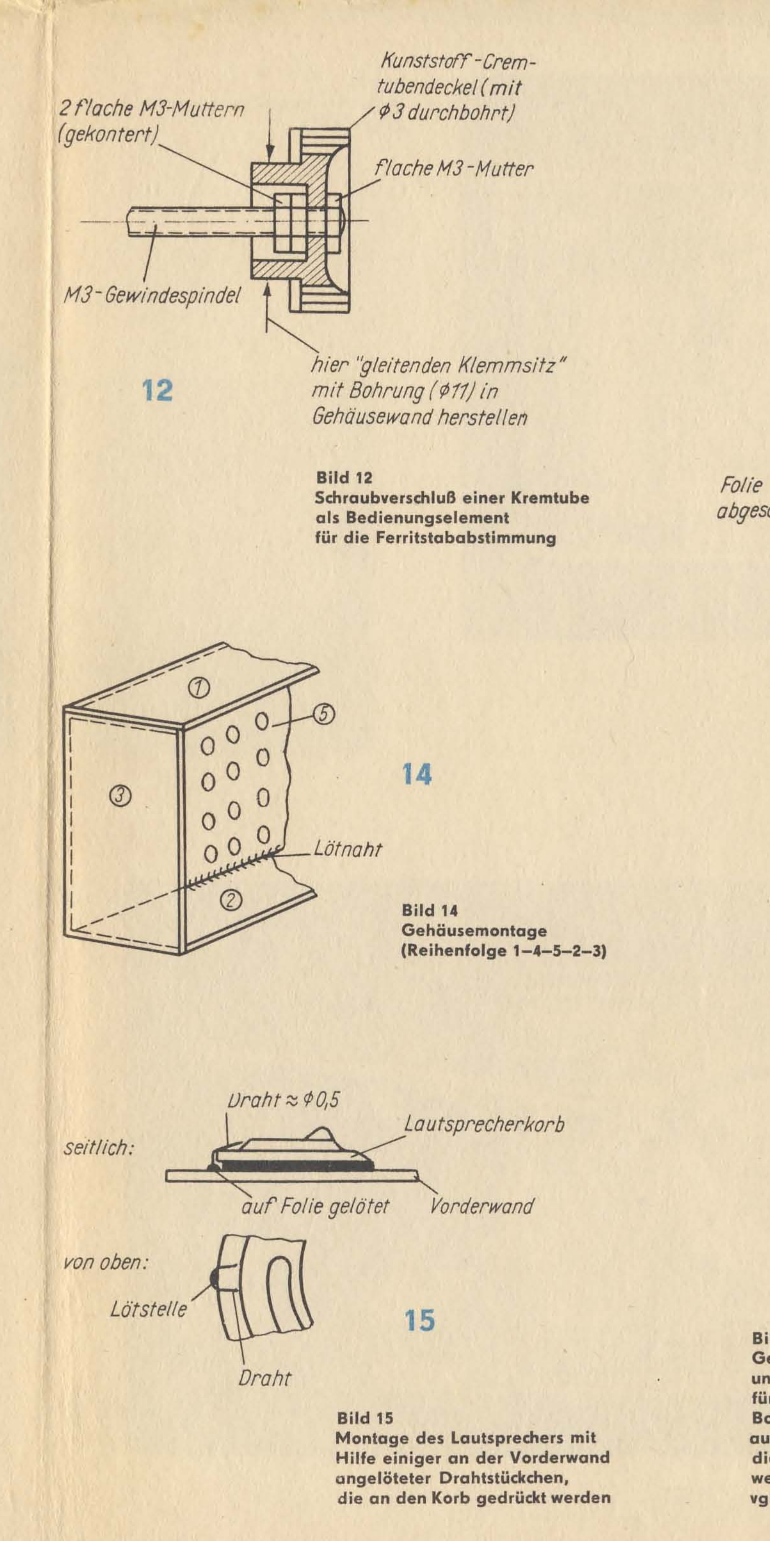
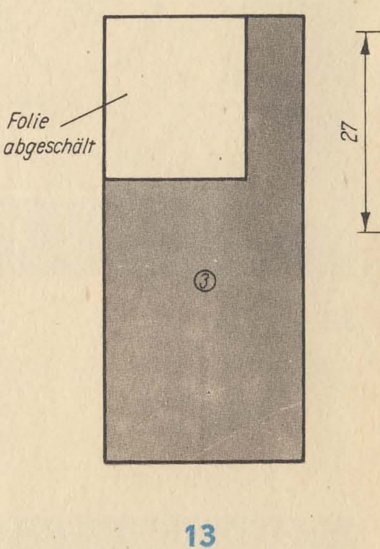


Bild 12
Schraubverschluß einer Kremtube als Bedienungselement für die Ferritstababstimmung

Bild 14
Gehäusemontage (Reihenfolge 1–4–5–2–3)

Bild 15
Montage des Lautsprechers mit Hilfe einiger an der Vorderwand angelöteter Drahtstückchen, die an den Korb gedrückt werden

alle Teile vom Gehäuseinneren gesehen (Kupferfolieseite)!



13

Rückwand wie bei Bild 21 (s. dort)

Batteriekontaktierung ggf. gemäß Bild 16

Bild 13
Gehäusezuschnitte (M 1:1) und abzuschälende Foliepartien für „mini 1" (gilt bis auf die Bohrung in der Seitenwand auch für „mini 2", wenn mit diesem Material aufgebaut; weitere Bohrungen für „mini 2" vgl. Kapitel 4.)

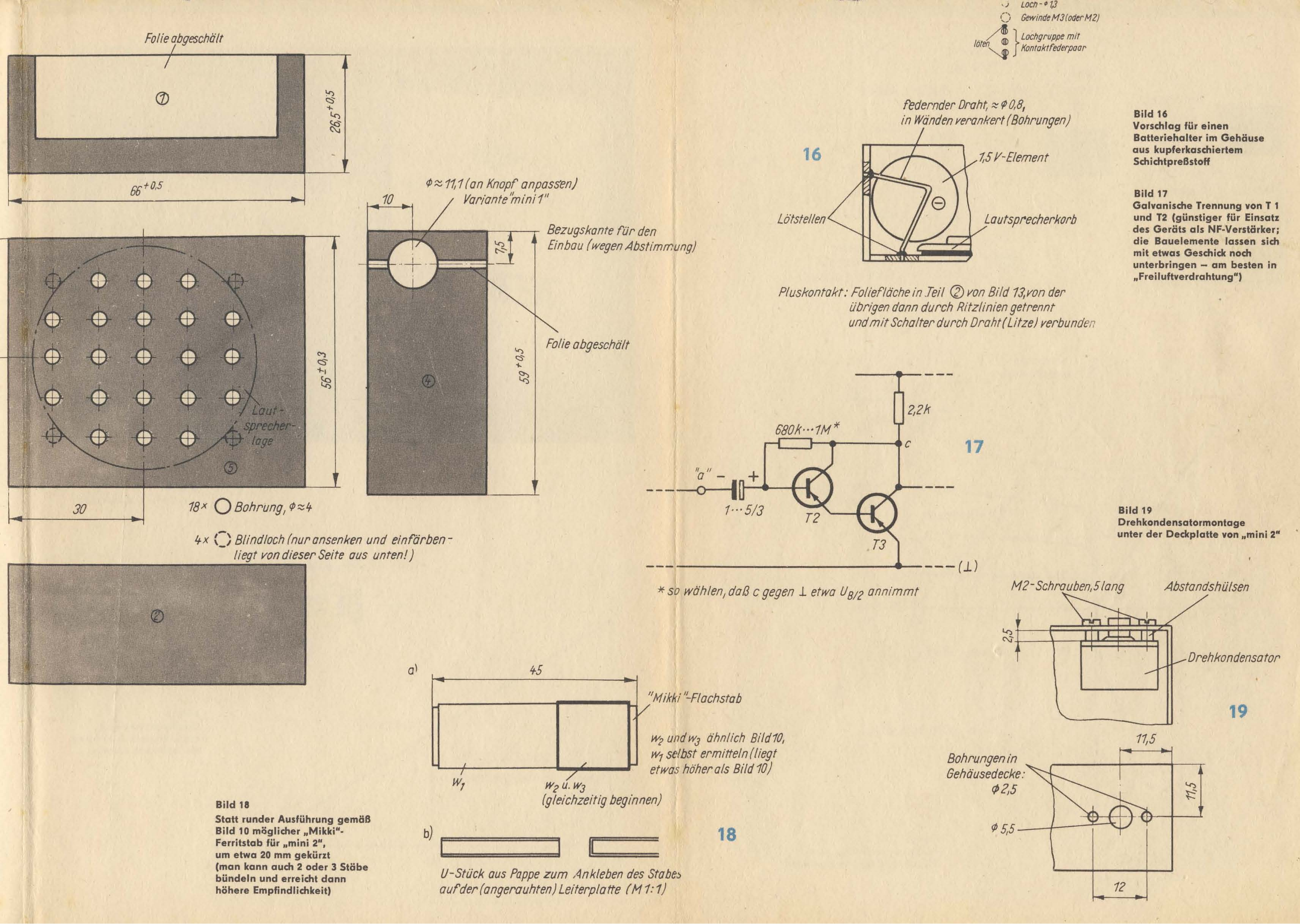
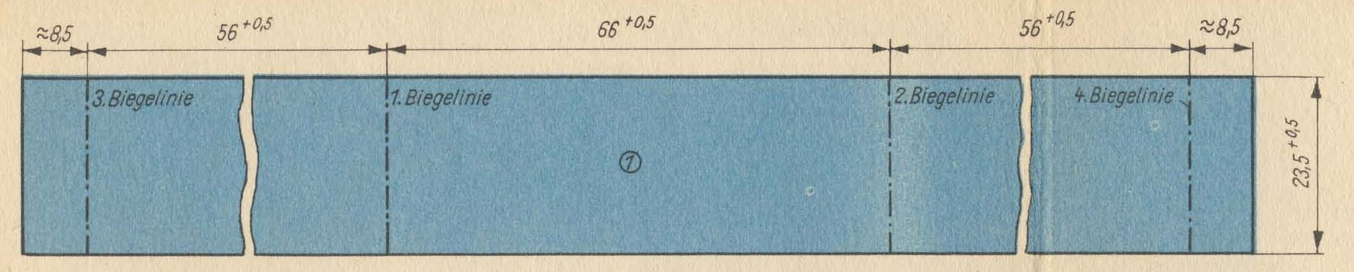


Bild 16
Vorschlag für einen Batteriehalter im Gehäuse aus kupferkaschiertem Schichtpreßstoff

Bild 17
Galvanische Trennung von T 1 und T 2 (günstiger für Einsatz des Geräts als NF-Verstärker; die Bauelemente lassen sich mit etwas Geschick noch unterbringen – am besten in „Freiluftverdrahtung")

Bild 18
Statt runder Ausführung gemäß Bild 10 möglicher „Mikki"-Ferritstab für „mini 2", um etwa 20 mm gekürzt (man kann auch 2 oder 3 Stäbe bündeln und erreicht dann höhere Empfindlichkeit)

Bild 19
Drehkondensatormontage unter der Deckplatte von „mini 2"



Material: PVC hart, 1mm dick

PVC-Plättchen
1×1×3,5
Φ≈2,5
≈3,5 (an Drehkondensatorachse angepaßt)
PVC 1 dick
Φ22
geklebt

20

②
23,5 +0,5
≈52
(als untere Schließplatte nach Biegen von "①" diesem anpassen!)

③ und ④
≈4

21

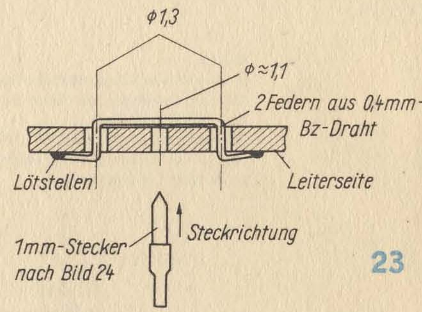
Ecken leicht verrunden,
in Rahmen "①" einpassen!
27
Φ42
30
≈56 (einpassen)
⑤ von innen
≈66 (einpassen)

(Anschlußlöcherlage nach Leiterplatteneinbau genau bestimmen).
≈19
≈4
≈56 (einpassen)
⑥ (Rückwand, von außen)
≈66 (einpassen)

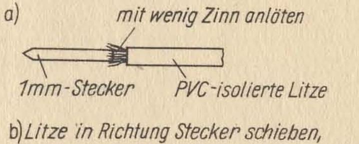
⑤
PVC-Isolierschlauch als Klebefugenverstärkung
①, ②

①
⑤
②
(④)
③
Ecken thermisch etwas eingedrückt (hält Rückwand im Klemmsitz)

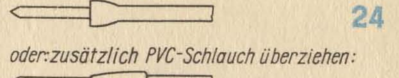
Bild 21
PVC-Gehäusezuschnitte für „mini 2" (oder „mini 1", vgl. Bild 13); Lösung „Lautsprecher außen aufgesetzt"



23

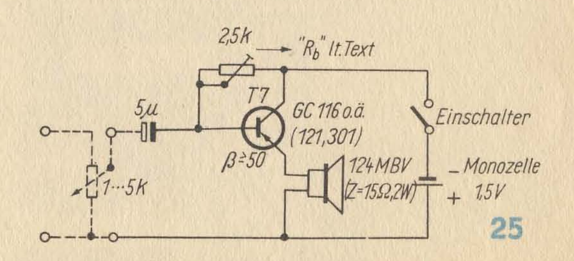
a)


b) Litze in Richtung Stecker schieben, solange Lötstelle noch warm, aber schon fest:



24

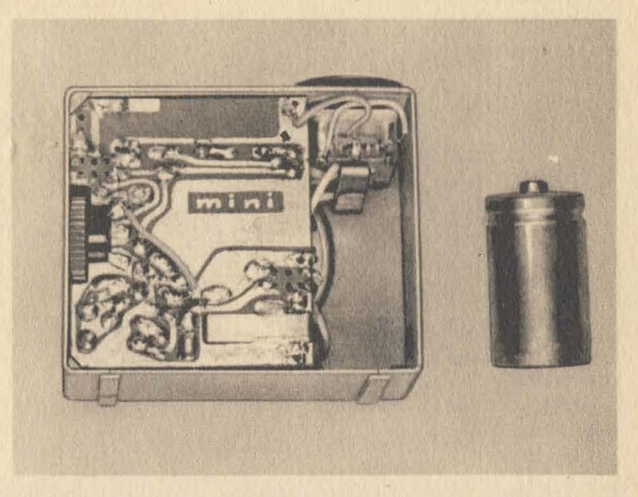
oder: zusätzlich PVC-Schlauch überziehen:



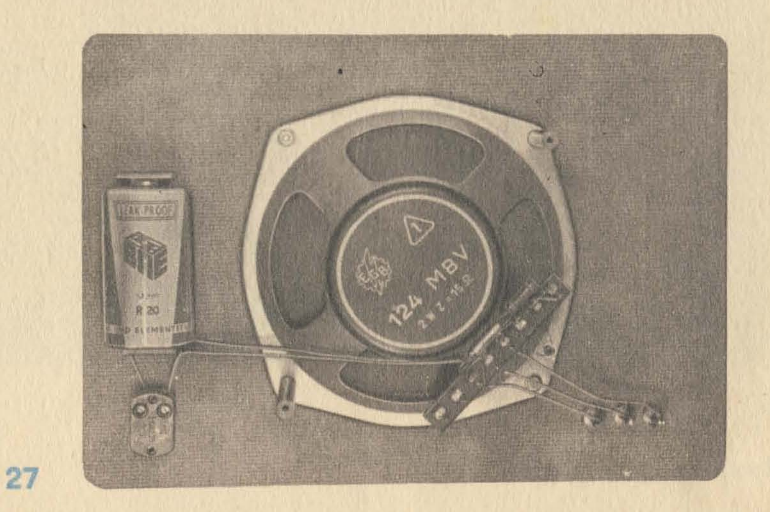
25

Bild 20
Bedienungsrad
für die Abstimmung von „mini 2"

Bild 22
Batteriehalter für „mini 2"
aus einem etwa 6 mm breiten
Streifen 1-mm-PVC,
oben haarnadelähnlich (kalt),
unteres Ende rechtwinklig
gebogen und unterhalb Drehko
an vordere Gehäusewand
geklebt (PVC-Kleber); mit
Weißblechstreifen ähnlich b
als Kontakt versehen
a – Blick auf die Minusseite;
b – so sitzt die Zelle im Gehäuse
(Pluspol Weißblech etwa
6 mm × 6 mm, mit den um 1 mm
abgewinkelten Ecken thermisch
in den Gehäuseboden
eingedrückt – Pluskontakt)



22a



27

Bild 27
Innenansicht der Box –
man erkennt den Batteriehalter

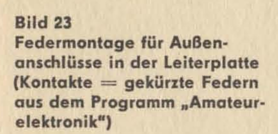
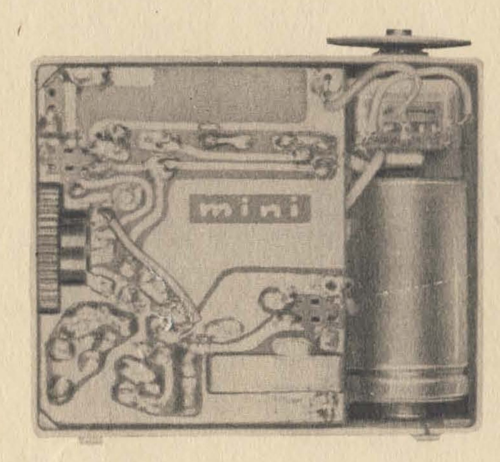


Bild 23
Federmontage für Außen-
anschlüsse in der Leiterplatte
(Kontakte = gekürzte Federn
aus dem Programm „Amateur-
elektronik")

Bild 24
1-mm-Eigenbaustecker
für die Federkontakte nach Bild 23

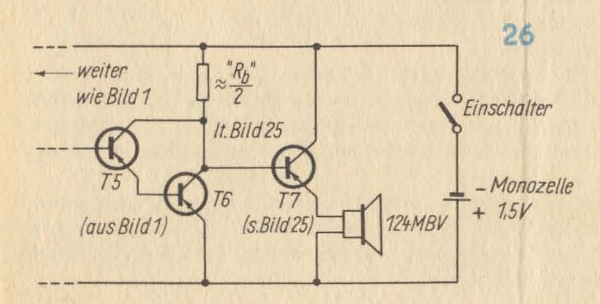
Bild 25
Stromlaufplan einer einfachen
Verstärkerbox für „mini"
(ggf. vorn Lautstärke-
potentiometer einbauen,
wie gestrichelt angedeutet)



22b

Bauelemente für die Box (vgl. Bild 25)

16 Elektrolytkondensator 5 μF · · · 10 μF 3 V (oder mehr)
17 Schichtwiderstand gemäß Text oder Schichtdrehwiderstand 2,5 kΩ
T7 beliebiger NF-Transistor GC 116 · · · GC 121 oder entsprechender Basteltyp, β möglichst ≥ 50
Batt. „2" Monozelle 1,5 V



26

Bild 26
Einsparung des Übertragers
und Betrieb aller Teile
aus einer Monozelle für den Fall
„Boxgerät" (nicht dargestellte
Teile vgl. Bild 1)

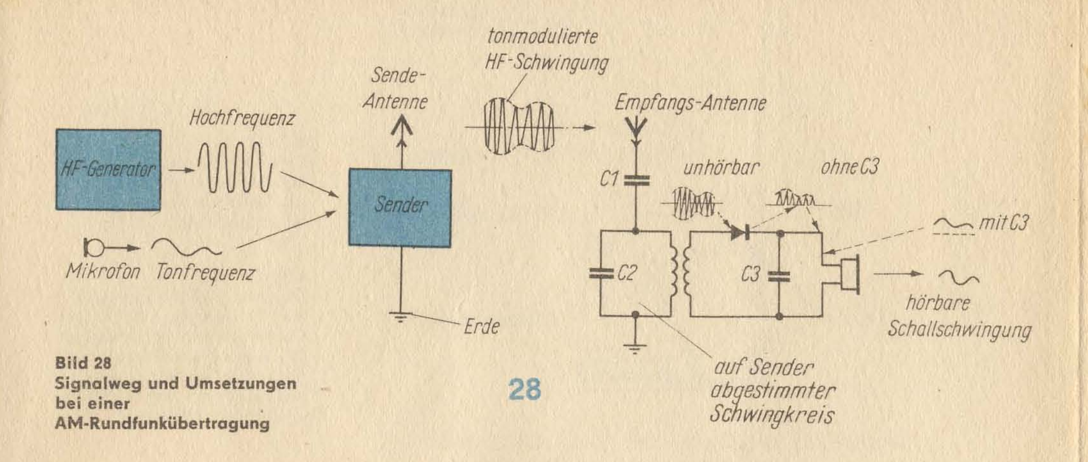


Bild 28
Signalweg und Umsetzungen bei einer AM-Rundfunkübertragung

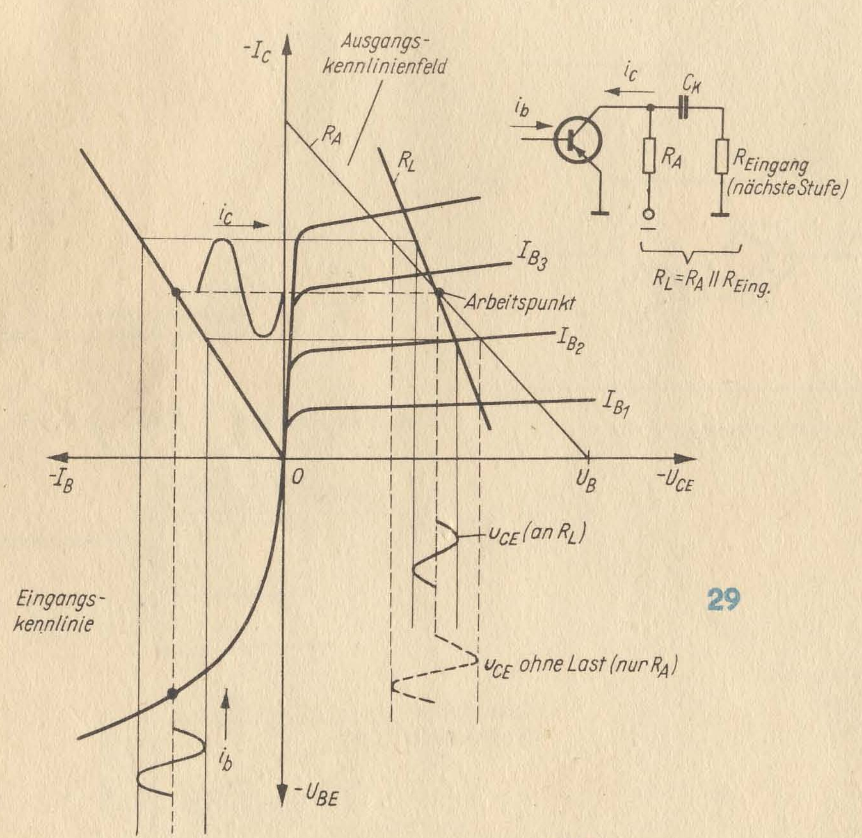
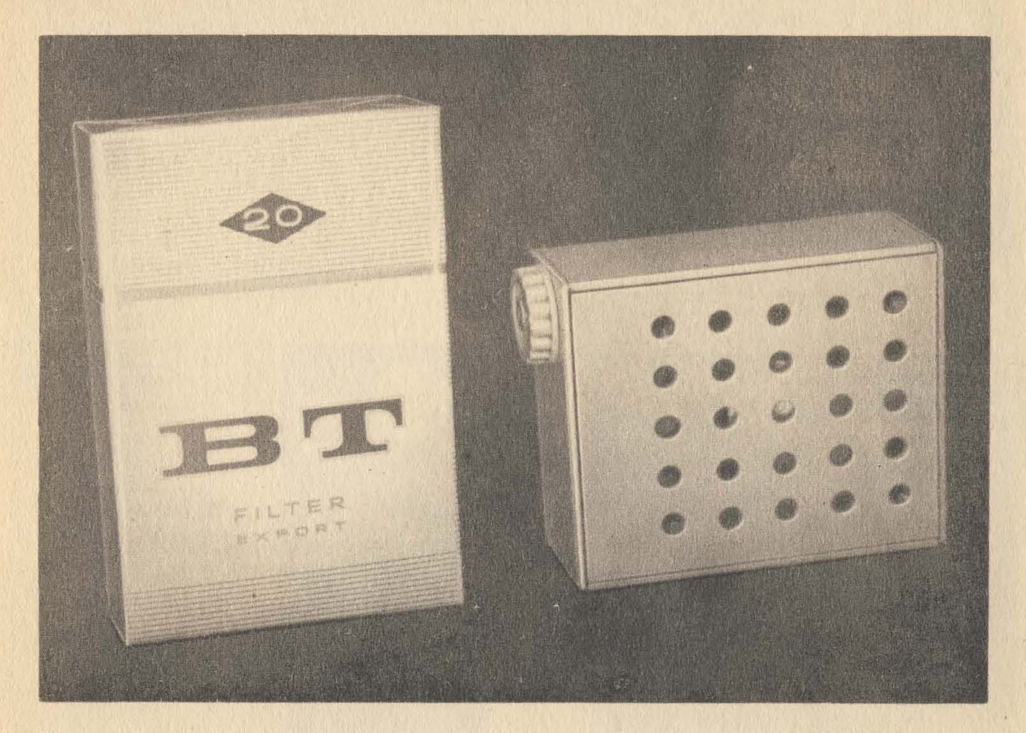


Bild 29
Aussteuerverhältnisse einer RC-gekoppelten Transistorstufe



31

Bild 31
„mini 1" – Außenansicht

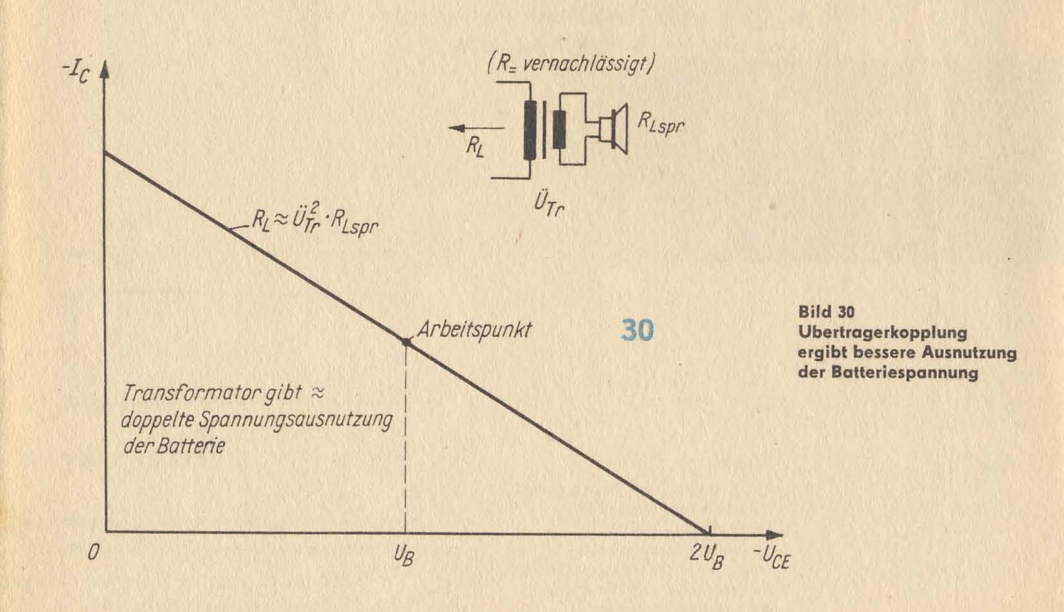
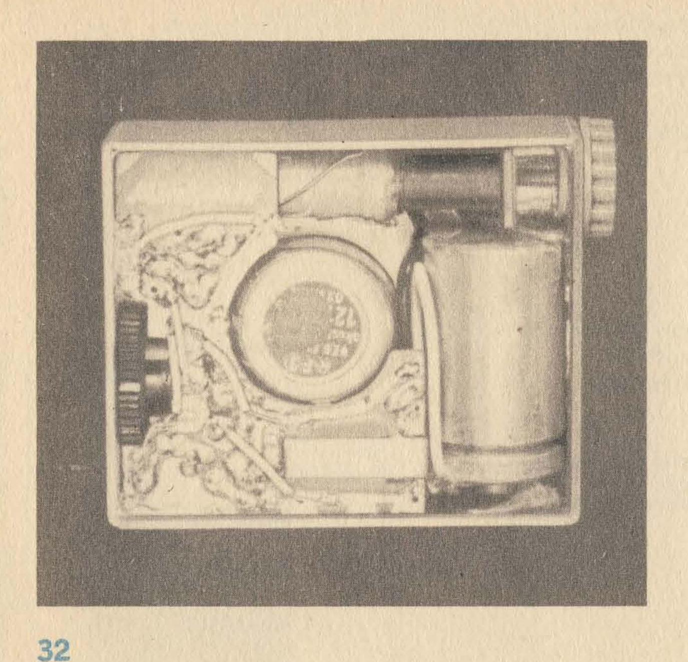
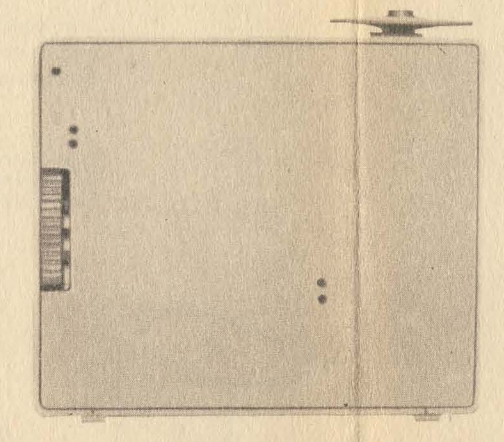


Bild 30
Übertragerkopplung ergibt bessere Ausnutzung der Batteriespannung



32

Bild 32
„mini 1" – Innenansicht des „Urmodells"

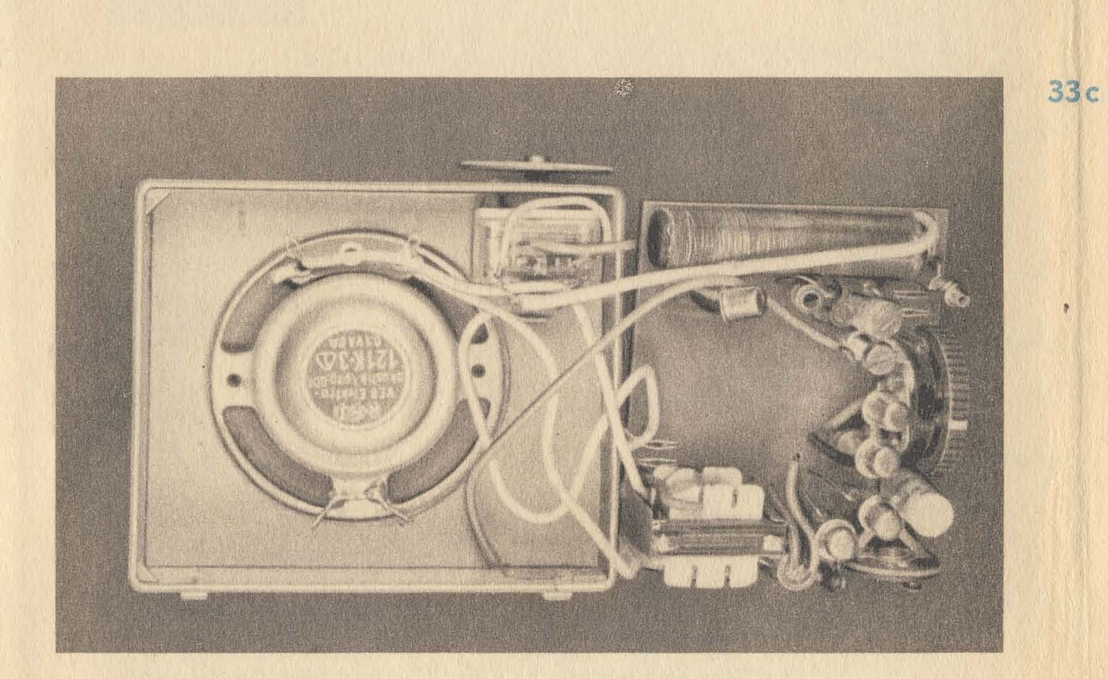


33b

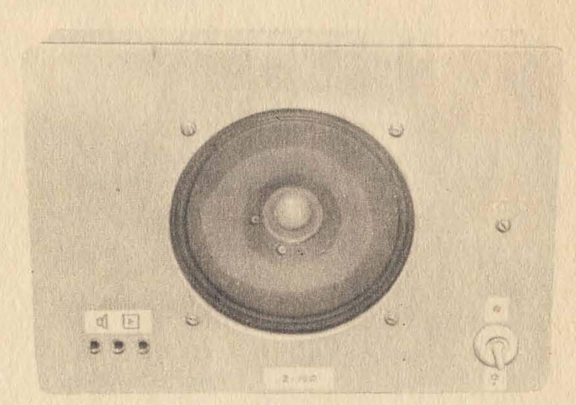
33a

Bild 33
3 Ansichten von „mini 2";
a – vorn,
b – hinten,
c – innen
(Dieses Muster enthält einen runden Ferritstab)

Bild 34
Box von außen
(Einbau in 2-l-Kühlschrankdose; Vorderwand Preßspan, Zusammenhalt durch Gewindebolzen)



33c



34

Redaktionsschluß: 16. September 1969
1.–20. Tausend · Deutscher Militärverlag · Berlin 1970 · Lizenz-Nr. 5 · Lektor: Sonja Topolov · Zeichnungen: Erich Böhm · Fotos: Autor · Vorauskorrektor und Korrektor: Ingeborg Kern · Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Werner Briege · Gesamtherstellung: Sachsendruck Plauen
Bestell-Nr. 745 256 5